



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

ADENDA AL INFORME TÉCNICO “IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN ESPAÑA”

Julio de 2024

CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS

PASEO BAJO DE LA VIRGEN DEL
PUERTO, 3
28005 MADRID
TEL: 91 335 79 00
FAX: 91 335 79 22



ES09/6695



ÍNDICE

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. ESTIMACIÓN DE TASAS DE CAMBIO EN CUANTIL ASOCIADAS AL MODELO SQRT-R PARA EL PERIODO DE RETORNO ADICIONAL DE 1000 AÑOS.....	9
2.1. Precipitación diaria máxima anual	9
2.2. Precipitación horaria máxima anual	28
2.3. Cambios en el factor de torrencialidad	34
3. ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN LOS CUANTILES DE PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA ANUAL ACUMULADA EN LA RED FLUVIAL PARA EL PERIODO DE RETORNO ADICIONAL DE 1000 AÑOS.....	41
4. CONCLUSIONES.....	46

ANEXOS

Anexo nº 1. Descripción de las capas proporcionadas en formato ASCII asociadas al modelo SQRT-R para el periodo de retorno adicional de 1000 años.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual, indicando significancia para $\alpha = 0.10$, en base a los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 4.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).....	12
Figura 2.2. Tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual, indicando significancia para $\alpha = 0.10$, en base a los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 8.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).....	13
Figura 2.3. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 10 en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 4.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).....	14
Figura 2.4. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 10 en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 8.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).....	15
Figura 2.5. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 90 en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 4.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).....	16
Figura 2.6. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 90 en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 8.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).....	17
Figura 2.7. Tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación horaria máxima anual, indicando significancia para $\alpha = 0.10$, en base a los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 4.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).....	32
Figura 2.8. Tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación horaria máxima anual, indicando significancia para $\alpha = 0.10$, en base a los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 8.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).....	33
Figura 2.9. Cambios relativos en el factor de torrencialidad en la Península y Baleares para RCP 4.5, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).	37
Figura 2.10. Cambios relativos en el factor de torrencialidad en la Península y Baleares para RCP 8.5, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).	38



Figura 2.11. Cambios relativos regionales en el factor de torrencialidad en la Península y Baleares para RCP 4.5, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años). *(El signo entre paréntesis indica que el valor con decimales es mayor "(+)" o menor "(-)" que el valor tras el redondeo).* 39

Figura 2.12. Cambios relativos regionales en el factor de torrencialidad en la Península y Baleares para RCP 8.5, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años). *(El signo entre paréntesis indica que el valor con decimales es mayor "(+)" o menor "(-)" que el valor tras el redondeo).* 40

Figura 3.1. Tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada en la Península para el periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes) para RCP 4.5 y el periodo de retorno adicional de 1000 años. 43

Figura 3.2. Tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada en la Península para el periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes) para RCP 8.5 y el periodo de retorno adicional de 1000 años. 44

Figura 3.3. Comparación de las tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada en la Península para el periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes) para los dos escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5), para el periodo de retorno adicional de 1000 años y los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e. $T = 10, 100$ y 500 años). 45



CEDEX

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Ajuste del modelo SQRT-R en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados de cuantiles para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).....	9
Tabla 2.2. Tasas de cambio en cuantil medias (expresadas en %) para la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).....	18
Tabla 2.3. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 10 (expresadas en %) para la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). .	19
Tabla 2.4. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 90 (expresadas en %) para la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). (<i>** Porcentaje menor que 0 que se redondea a 0</i>).....	20
Tabla 2.5. Valor medio sobre la Península y Baleares de las tasas de cambio en cuantil medias y asociadas a los percentiles 10 y 90 (expresadas en %), resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).	21
Tabla 2.6. Porcentaje de celdas en la Península y Baleares que presenta cambio en cuantil significativo positivo ("+") o negativo ("-") para $\alpha = 0.10$, resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). (<i>* Porcentaje mayor que 0 que se redondea a 0</i>).	24
Tabla 2.7. Tasas de cambio en cuantil medias significativas (sin inconsistencias) para $\alpha = 0.10$ (expresadas en %) en la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). (<i>* Porcentaje mayor que 0 que se redondea a 0</i>).....	25
Tabla 2.8. Valor medio en la Península y Baleares de las tasas de cambio en cuantil significativas (sin inconsistencias) para $\alpha = 0.10$ asociadas a la media y a los percentiles 10 y 90 (expresadas en %), resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).....	25
Tabla 2.9. Número de regiones en la Península y Baleares que presenta cambio en cuantil significativo positivo ("+") o negativo ("-") para $\alpha = 0.10$, resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). (<i>Número de regiones con cambios consistentes entre paréntesis</i>).....	26
Tabla 2.10. Tasas de cambio en cuantil medias (expresadas en %) en rejilla rotada y en rejilla regular en la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).....	27
Tabla 2.11. Tasas de cambio en cuantil medias (expresadas en %) para la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación horaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).....	30



Tabla 2.12. Porcentaje de celdas en la Península y Baleares que presenta cambio en cuantil significativo positivo (“+”) o negativo (“-”) para $\alpha = 0.10$, resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación horaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). (** Porcentaje mayor que 0 que se redondea a 0*). 30

Tabla 2.13. Tasas de cambio en cuantil medias significativas (sin inconsistencias) para $\alpha = 0.10$ (expresadas en %) en la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación horaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). 31

Tabla 2.14. Número de regiones en la Península y Baleares que presenta cambio en cuantil significativo positivo (“+”) o negativo (“-”) para $\alpha = 0.10$, resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación horaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). (*Número de regiones con cambios consistentes entre paréntesis*). 31

Tabla 2.15. Porcentaje de celdas en la Península y Baleares con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). 36

Tabla 2.16. Cambios relativos en el factor de torrencialidad (expresados en %) en la Península y Baleares, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). 36

Tabla 2.17. Cambios relativos regionales en el factor de torrencialidad (expresados en %) en la Península y Baleares, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). (*** Porcentaje menor que 0 que se redondea a 0*). 36

Tabla 3.1. Tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual medias significativas (expresadas en %) en rejilla regular tras remuestreo, asociadas al periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes) en la Península. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). (** Porcentaje mayor que 0 que se redondea a 0*). 41

Tabla 3.2. Cuantiles de precipitación diaria máxima anual observada y futura (expresados en mm) asociados al periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R en la Península. Los valores observados se han obtenido a partir de los resultados de DGC (1999); los valores futuros provienen de la aplicación de las tasas de cambio en cuantil medias significativas en rejilla regular tras remuestreo (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes). Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). 41

Tabla 3.3. Tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada (expresadas en %) asociadas al periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R para la Península. Los valores provienen de la aplicación de las tasas de cambio en cuantil medias significativas en rejilla regular tras remuestreo (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes). Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). 42



ADENDA AL INFORME TÉCNICO
"IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN ESPAÑA"

CEDEX



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye una adenda al informe técnico "Impacto del cambio climático en las precipitaciones máximas en España", elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) en mayo de 2021. Esta adenda se elabora ante la necesidad de disponer de resultados adicionales sobre el impacto del cambio climático para periodos de retorno más elevados a los utilizados en dicho informe técnico, para su aplicación en el contexto de la evaluación de la seguridad hidrológica de las presas. En este sentido, hay que destacar que las *Normas Técnicas de Seguridad para las Presas y sus Embalses*, aprobadas el 13 de abril de 2021 por el Real Decreto 264/2021 establecen la necesidad de considerar el impacto del cambio climático. En concreto, en lo relativo a la seguridad hidrológica de las presas, la *Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses* (NTS-2) indica en su artículo 4.2., en relación al estudio de avenidas, que: "...se considerará el conocimiento disponible sobre los posibles cambios a largo plazo en las condiciones hidrológicas de la cuenca y, en particular, en la medida que el conocimiento científico y técnico lo permita, las posibles repercusiones del Cambio Climático". Esta disposición puede considerarse también aplicable en el caso de la revisión de la seguridad hidrológica de las presas existentes, al indicarse en el artículo 32.1. de la *Norma técnica de seguridad para la explotación, revisiones de seguridad y puesta fuera de servicio de presas* (NTS-3) que la seguridad hidrológica se analizará "...según lo establecido en la Norma Técnica de Seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses". Adicionalmente, la NTS-3 establece en el mismo artículo que "...en la medida que el conocimiento científico y técnico lo permita, se tendrá en cuenta la posible variación futura de la distribución estacional de las avenidas como consecuencia del cambio climático, ...".

Los periodos de retorno empleados en el informe técnico para la estimación de tasas de cambio en cuantil con el objetivo de estudiar el efecto del cambio climático en las precipitaciones máximas, corresponden con $T = 10, 100$ y 500 años (siendo éstos representativos de la ley de frecuencia), de modo que los resultados asociados a dichos periodos de retorno pueden ser útiles para incorporar los efectos del cambio climático en estudios relacionados con el riesgo por inundación como, por ejemplo, para dar respuesta a lo exigido por la Directiva 2007/60/CE de Evaluación y Gestión de los Riegos de Inundación en lo relativo a la consideración del cambio climático en la revisión de los planes de gestión del riesgo de inundación (PGR1).

Sin embargo, la evaluación de la seguridad hidrológica de las presas conforme a lo indicado en las Normas Técnicas, generalmente requerirá el estudio de periodos de retorno más elevados, siendo el periodo de retorno a considerar para la situación de proyecto de 100, 500 o 1000 años (en función de la categoría de la presa), y para la situación extrema de 500, 1000, 5000 o 10000 años (en función de la categoría y de la tipología de la presa). Con el objetivo de proporcionar la información necesaria para poder estudiar el efecto del cambio climático, al menos en lo relativo a la situación de proyecto, la presente adenda incorpora los resultados asociados al periodo de retorno adicional de 1000 años; siendo necesario destacar la elevada incertidumbre asociada



tanto a la estimación de cuantiles para (muy) altos periodos de retorno, como al análisis del efecto del cambio climático sobre ellos.

De esta manera, y de forma análoga a lo realizado en el informe técnico para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, en esta adenda se lleva a cabo la estimación de tasas de cambio en cuantil asociadas al modelo SQRT-R para el periodo de retorno adicional de 1000 años, considerando tres periodos de impacto (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100) y dos escenarios de emisiones (RCP 4.5 y RCP 8.5). Esto se realiza tanto para la precipitación diaria máxima anual como para la precipitación horaria máxima anual, con el objetivo de proporcionar tanto mapas de tasas de cambio en cuantil para precipitación diaria máxima anual, como mapas de cambio relativo regional en el factor de torrencialidad. Asimismo, y también de forma análoga a lo realizado en el informe técnico para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, la presente actualización de la adenda incluye (con respecto a la versión publicada en diciembre de 2022) el análisis de los cambios en los cuantiles de precipitación diaria máxima anual acumulada en la red fluvial para el periodo de retorno adicional de 1000 años, para el periodo de impacto 2041-2070 y dos escenarios de emisiones (RCP 4.5 y RCP 8.5), con el fin de proporcionar mapas de tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada. Los resultados, presentados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, se contrastan con los resultados obtenidos para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años), permitiendo corroborar las conclusiones obtenidas en dicho informe.

Se recuerda que, como resultado del estudio realizado en el informe técnico, el modelo SQRT-R es el modelo estadístico recomendado para la estimación de tasas de cambio en cuantil con el fin de analizar el efecto del cambio climático en las precipitaciones máximas en España. A su vez, se destaca que debido a que los resultados asociados al periodo de retorno adicional presentados en esta adenda se obtuvieron de forma posterior a la elaboración del informe técnico, la evaluación de la significancia estadística de los cambios en cuantil para dicho periodo de retorno adicional se lleva a cabo en base al uso de un conjunto de simulaciones diferente al empleado en el informe técnico, aunque se ha comprobado que esta circunstancia no tiene una influencia relevante en los resultados.

Asimismo, la descripción de las capas proporcionadas en formato ASCII en relación al periodo de retorno adicional de 1000 años se incorpora en el [Anexo nº 1](#), de forma análoga a como se hizo en el [Anexo nº 8 del informe técnico](#) para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años. Nótese que la presente adenda sólo incluye resultados, siendo necesario consultar el informe técnico en relación al contexto, metodología y referencias asociadas a los análisis realizados (ver [secciones 5 y 6 del informe técnico](#)).



2. ESTIMACIÓN DE TASAS DE CAMBIO EN CUANTIL ASOCIADAS AL MODELO SQRT-R PARA EL PERIODO DE RETORNO ADICIONAL DE 1000 AÑOS

2.1. Precipitación diaria máxima anual

Ajuste del modelo SQRT-R

El ajuste del modelo SQRT-R sobre las series de precipitación diaria máxima anual en la Península y Baleares para los modelos climáticos comunes (ver [Tablas 5.1 y 2.1 del informe técnico](#)) se presenta en la [Tabla 2.1](#). La tabla muestra resultados de cuantiles para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y como contraste, también los resultados obtenidos para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Tabla 2.1. Ajuste del modelo SQRT-R en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados de cuantiles para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Periodo de estudio	Valor	Parámetro de escala (regional)	Parámetro de forma (regional)	Cuantil (regional)				Media local [mm]	Cuantil [mm]			
				$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$		$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$
RCP 4.5: 2011-2040	mín	27.21	14.17	1.33	1.93	2.40	2.62	11.75	19.62	34.97	47.79	53.87
	med	64.05	258.68	1.50	2.43	3.19	3.54	50.45	75.68	122.38	160.38	178.19
	máx	115.57	1931.62	1.79	3.40	4.76	5.41	254.19	404.24	688.86	923.55	1034.15
RCP 4.5: 2041-2070	mín	21.84	8.86	1.34	1.94	2.41	2.63	7.85	13.29	23.99	32.96	37.21
	med	59.84	208.98	1.52	2.50	3.30	3.67	51.07	77.75	127.50	168.16	187.25
	máx	114.63	1863.30	1.90	3.79	5.41	6.19	243.53	381.98	664.54	898.86	1009.56
RCP 4.5: 2071-2100	mín	16.64	5.26	1.28	1.81	2.23	2.42	10.51	18.51	34.62	48.24	54.73
	med	60.19	234.89	1.52	2.51	3.31	3.68	51.98	79.07	129.64	170.98	190.39
	máx	135.88	3951.86	2.04	4.36	6.37	7.35	255.29	380.09	672.16	915.46	1030.61
RCP 8.5: 2011-2040	mín	20.72	7.97	1.32	1.91	2.37	2.58	11.10	17.94	31.03	41.87	46.99
	med	65.47	272.66	1.49	2.41	3.15	3.50	51.16	76.64	123.75	162.08	180.03
	máx	119.27	2216.20	1.93	3.89	5.58	6.39	246.07	386.47	696.68	956.43	1079.64
RCP 8.5: 2041-2070	mín	19.78	7.28	1.30	1.85	2.29	2.49	10.41	18.51	34.91	48.81	55.43
	med	59.68	212.33	1.52	2.50	3.31	3.68	51.24	77.97	127.84	168.59	187.72
	máx	128.15	3033.85	1.95	3.98	5.74	6.58	250.63	384.73	664.02	895.13	1004.20
RCP 8.5: 2071-2100	mín	18.89	6.66	1.37	2.02	2.53	2.77	8.44	16.13	32.36	46.33	53.03
	med	52.21	129.38	1.57	2.65	3.53	3.95	52.55	82.06	137.93	183.91	205.56
	máx	101.88	1107.78	1.98	4.08	5.90	6.78	252.41	368.95	661.92	906.91	1025.01
Periodo de control	mín	28.47	15.73	1.33	1.92	2.38	2.59	10.46	17.45	31.07	42.45	47.83
	med	67.23	295.26	1.49	2.38	3.11	3.45	48.88	72.66	116.41	151.92	168.53
	máx	117.58	2082.26	1.77	3.32	4.64	5.27	264.76	410.49	683.49	907.13	1012.23



Tasas de cambio en cuantil

Los modelos climáticos comunes proporcionan una gran variabilidad de resultados en relación a las tasas de cambio en cuantil. Estos resultados se resumen a través del cálculo de las tasas de cambio en cuantil medias, así como de las asociadas a los percentiles 10 y 90, al considerar los resultados de los diferentes modelos climáticos comunes para cada periodo de impacto y escenario, en cada celda.

Las tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual asociadas al modelo SQRT-R para el periodo de retorno adicional de 1000 años, se muestran en las **Figuras 2.1 y 2.2** para RCP 4.5 y RCP 8.5, respectivamente. Las correspondientes tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 10 se muestran en las **Figuras 2.3 y 2.4** y las asociadas al percentil 90 en las **Figuras 2.5 y 2.6**. Como contraste, estas figuras también incluyen los resultados para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años). El rango de las tasas de cambio presentes en cada figura se indica en la leyenda asociada, marcando con mayor tamaño los símbolos de la leyenda asociados al conjunto de categorías existentes entre el valor mínimo y el valor máximo de dichas tasas de cambio.

Las **Tablas 2.2 a 2.4** resumen estos resultados, indicando el valor mínimo, medio y máximo sobre la Península y Baleares. La **Tabla 2.5** aúna la información mostrada en dichas tablas respecto a los valores medios para facilitar su análisis. Las posibles diferencias entre los valores mostrados en las tablas y los rangos de las tasas de cambio marcados en las leyendas de las figuras están asociadas al redondeo realizado en las tablas.

El rango de las tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual, considerando los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R (**Tabla 2.2**), es (-10%, 49%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (-11%, 47%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10$, 100 y 500 años). La media de dichos valores aumenta con el periodo de impacto y con el periodo de retorno (y también, en general, con el escenario RCP 8.5 frente al RCP 4.5); siendo su rango (7%, 25%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (5%, 24%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10$, 100 y 500 años).

En el informe técnico se incluyó un resumen de la ubicación de la mayor parte de las zonas con mayores tasas de cambio medias positivas en la Península y Baleares para el menor periodo de retorno empleado (i.e., $T = 10$ años), indicándose que el tamaño de dichas zonas, generalmente aumenta a medida que aumenta el periodo de retorno. Dicha premisa también se cumple para el periodo de retorno adicional de 1000 años, experimentando dichas zonas un incremento de tamaño (y magnitud; ver **Tabla 2.2**) menos marcado a medida que el periodo de retorno es más elevado (**Figuras 2.1 y 2.2**). Los incrementos en los cuantiles son claramente predominantes a lo largo de toda la zona de estudio, siendo los descensos de menor magnitud y estando ceñidos principalmente a algunas zonas concretas del norte, oeste, este y sureste peninsular (**Figuras 2.1 y 2.2**).

Las tasas de cambio asociadas a los percentiles 10 y 90 presentan un comportamiento similar al de las tasas de cambio medias. El rango de las tasas de cambio asociadas al percentil 10 para



la Península y Baleares considerando los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT- R (Tabla 2.3), es (-37%, 33%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (-42%, 32%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). El rango de las tasas de cambio asociadas al percentil 90 para la Península y Baleares considerando los modelos climáticos comunes (Tabla 2.4), es (-2%, 104%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (-2%, 101%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Los valores medios de las tasas de cambio medias y de los percentiles 10 y 90 dan una visión general de la variabilidad que presentan las tasas de cambio obtenidas mediante los diferentes modelos climáticos (Tabla 2.5). Por ejemplo, para "RCP 8.5: 2071-2100" y $T = 1000$ años, la media para la Península y Baleares de la tasa de cambio en cuantil media del modelo SQRT-R es 25%, con un rango de variabilidad de [1%, 51%], y para $T = 500$ años, la media es 24%, con un rango de variabilidad de [1%, 49%]. Se recuerda que las tasas de cambio asociadas a los percentiles 10 y 90 se muestran en las Figuras 2.3 a 2.6.

Como se indicó en el informe técnico, en algunos casos puede ser necesario realizar ajustes en las tasas de cambio en cuantil medias de determinadas celdas para su utilización práctica, de tal forma que se garantice la coherencia entre los distintos periodos de impacto (e.g., Requena et al. 2019). Para un determinado escenario, estos ajustes deben estar enfocados a la obtención de tasas de cambio medias cuyo valor sea más extremo para los últimos periodos de impacto (e.g., las tasas de cambio medias positivas asociadas a "RCP 8.5: 2041-2070" deben ser menores o iguales que las asociadas a "RCP 8.5: 2071-2100"). Sin embargo, puede no ser adecuado realizar ajustes en las tasas de cambio medias en relación a los distintos escenarios de emisiones, ya que cuando se trata con precipitación extrema, valores más extremos de las tasas de cambio pueden no estar necesariamente asociados a escenarios más pesimistas. A su vez, la aplicación de las tasas de cambio medias sobre cuantiles observados, asociados a diversos periodos de retorno, requiere verificar que dichos cuantiles futuros estimados bajo el efecto del cambio climático aumentan con el periodo de retorno y con la duración de lluvia si la precipitación está expresada en mm (o disminuyen con la duración de lluvia si la precipitación está expresada en mm/h, es decir, como intensidad de lluvia).

En el informe técnico se incluyen ejemplos de la falta de coherencia de las tasas de cambio en relación a los periodos de impacto y a los escenarios. Estas faltas de coherencia son el reflejo de las limitaciones que presentan los modelos climáticos para representar correctamente el comportamiento de un fenómeno tan complejo como las precipitaciones máximas y dan una idea sobre la elevada incertidumbre asociada a las predicciones en relación a su posible evolución futura, circunstancia que es necesaria tener en cuenta a la hora de la posible aplicación práctica de dichas predicciones.

En cualquier caso, como se expone en el informe técnico, estas tasas de cambio no pueden considerarse directamente relacionadas con el cambio climático, sino que en gran parte son debidas a la incertidumbre inherente a la estimación de los cuantiles (en mayor medida los de más alto periodo de retorno) a partir de muestras de tamaño reducido, lo que conduce a obtener estimaciones diferentes a partir de distintas muestras procedentes de una misma población estadística. Es, por tanto, necesario, analizar la significancia estadística de los cambios para



CEDEX

ADENDA AL INFORME TÉCNICO
"IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN ESPAÑA"

identificar en qué casos son de suficiente magnitud como para que pueda afirmarse con cierto rigor que se deben a un cambio en la población estadística como consecuencia de un cambio en el clima.

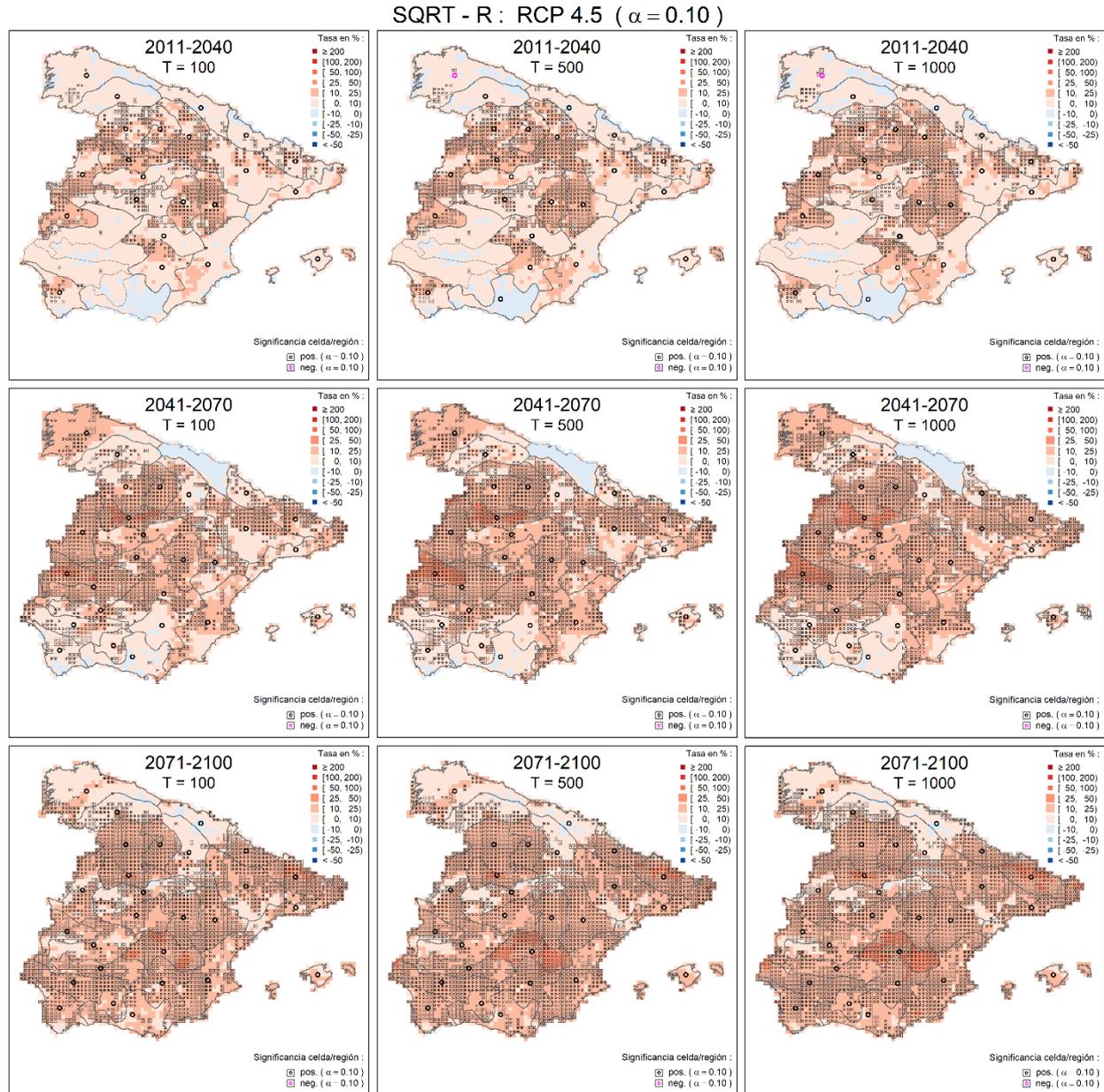


Figura 2.1. Tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual, indicando significancia para $\alpha = 0.10$, en base a los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 4.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).

SQRT - R : RCP 8.5 ($\alpha = 0.10$)

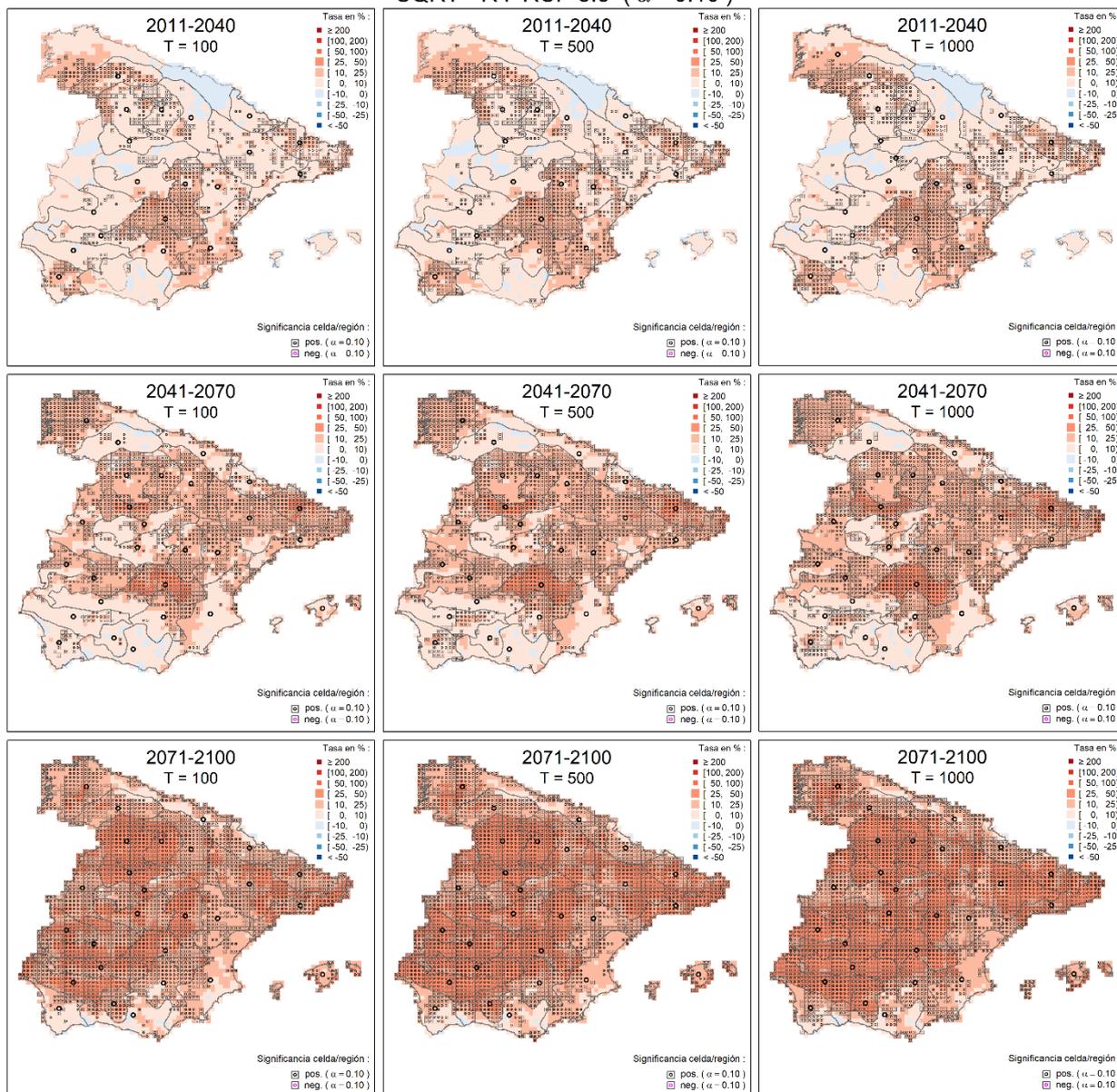


Figura 2.2. Tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual, indicando significancia para $\alpha = 0.10$, en base a los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 8.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).



CEDEX

ADENDA AL INFORME TÉCNICO
"IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN ESPAÑA"

SQRT - R : RCP 4.5

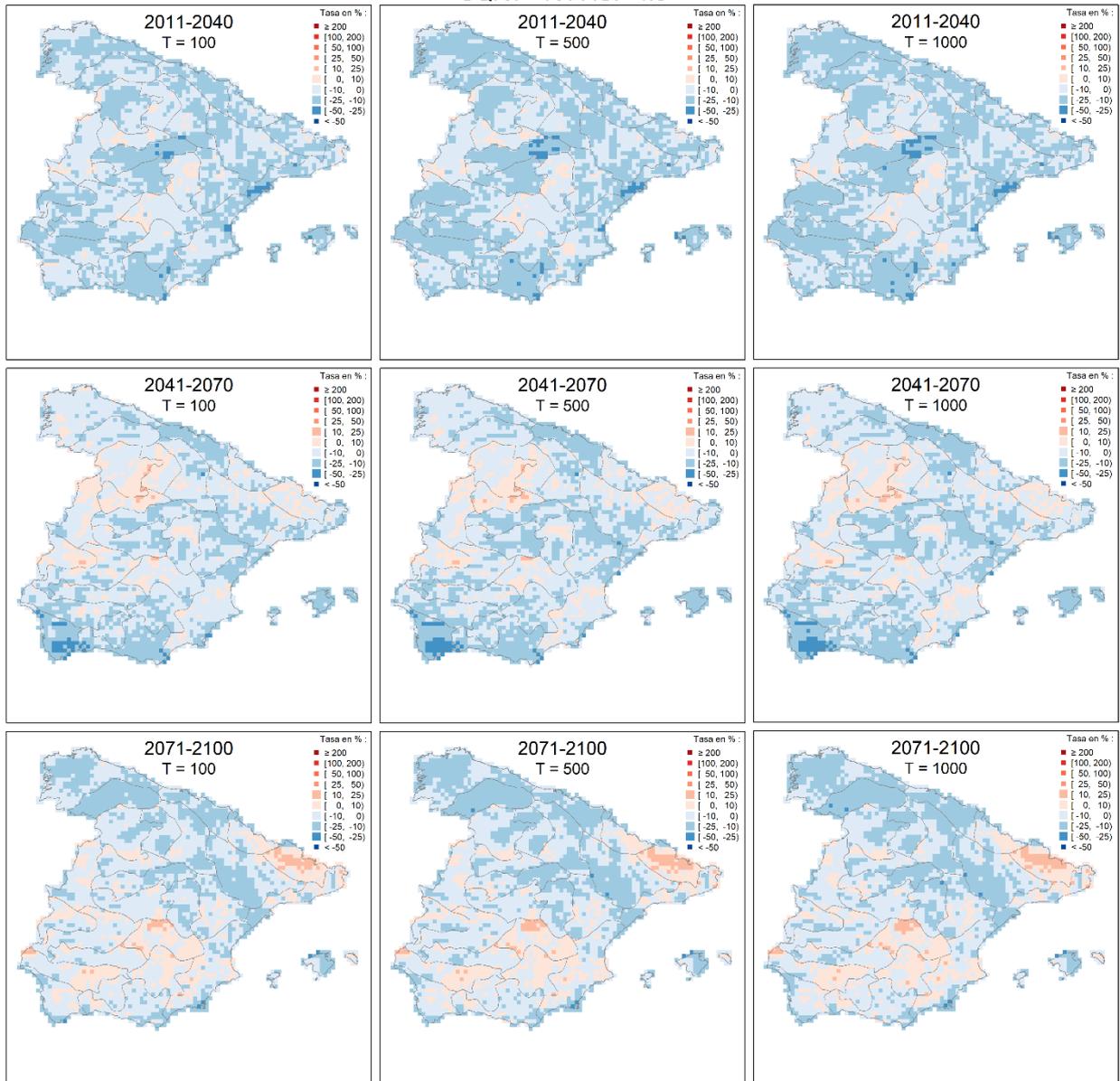


Figura 2.3. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 10 en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 4.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).

SQRT - R : RCP 8.5

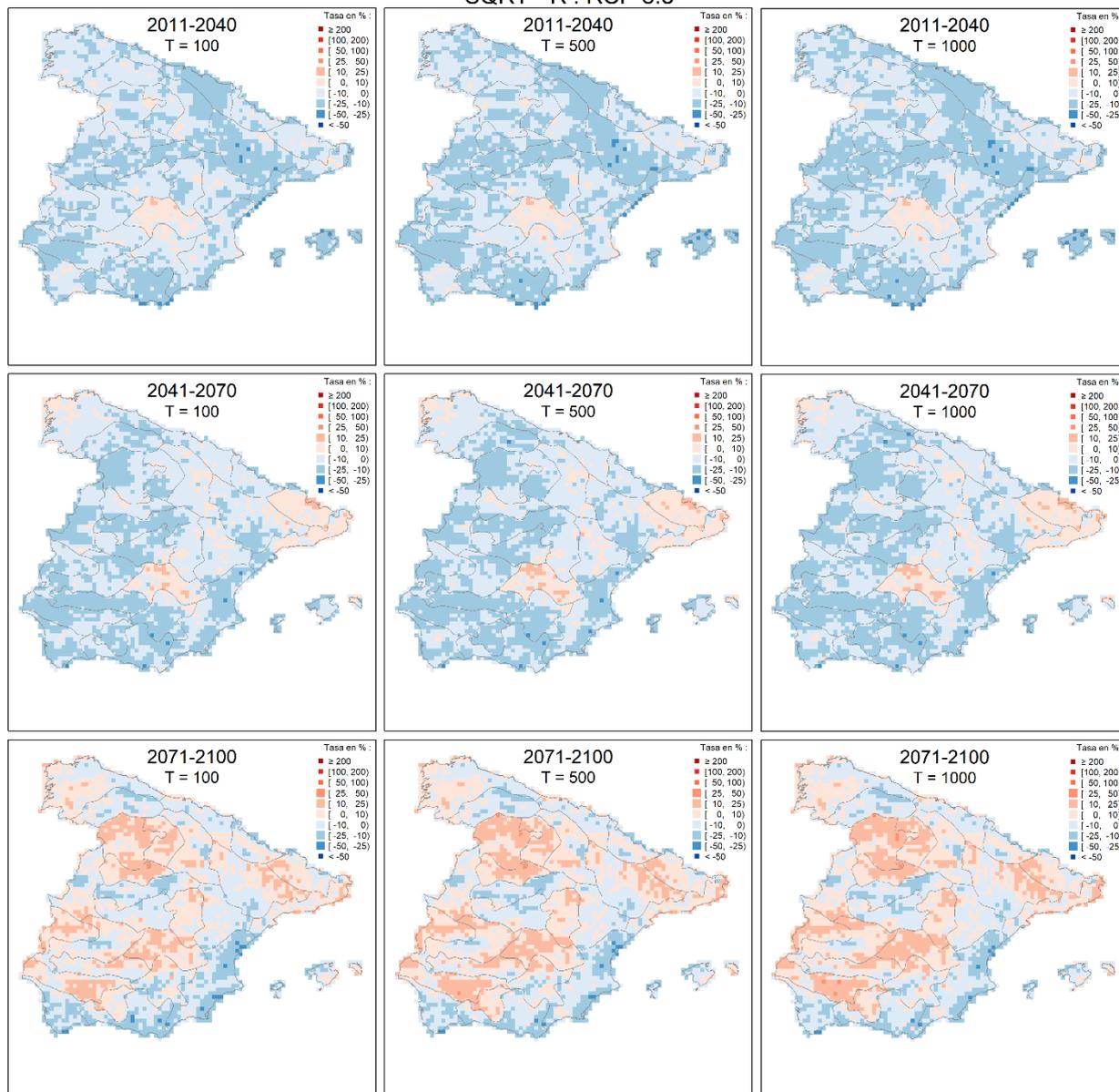


Figura 2.4. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 10 en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 8.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).



CEDEX

ADENDA AL INFORME TÉCNICO
"IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN ESPAÑA"

SQRT - R : RCP 4.5

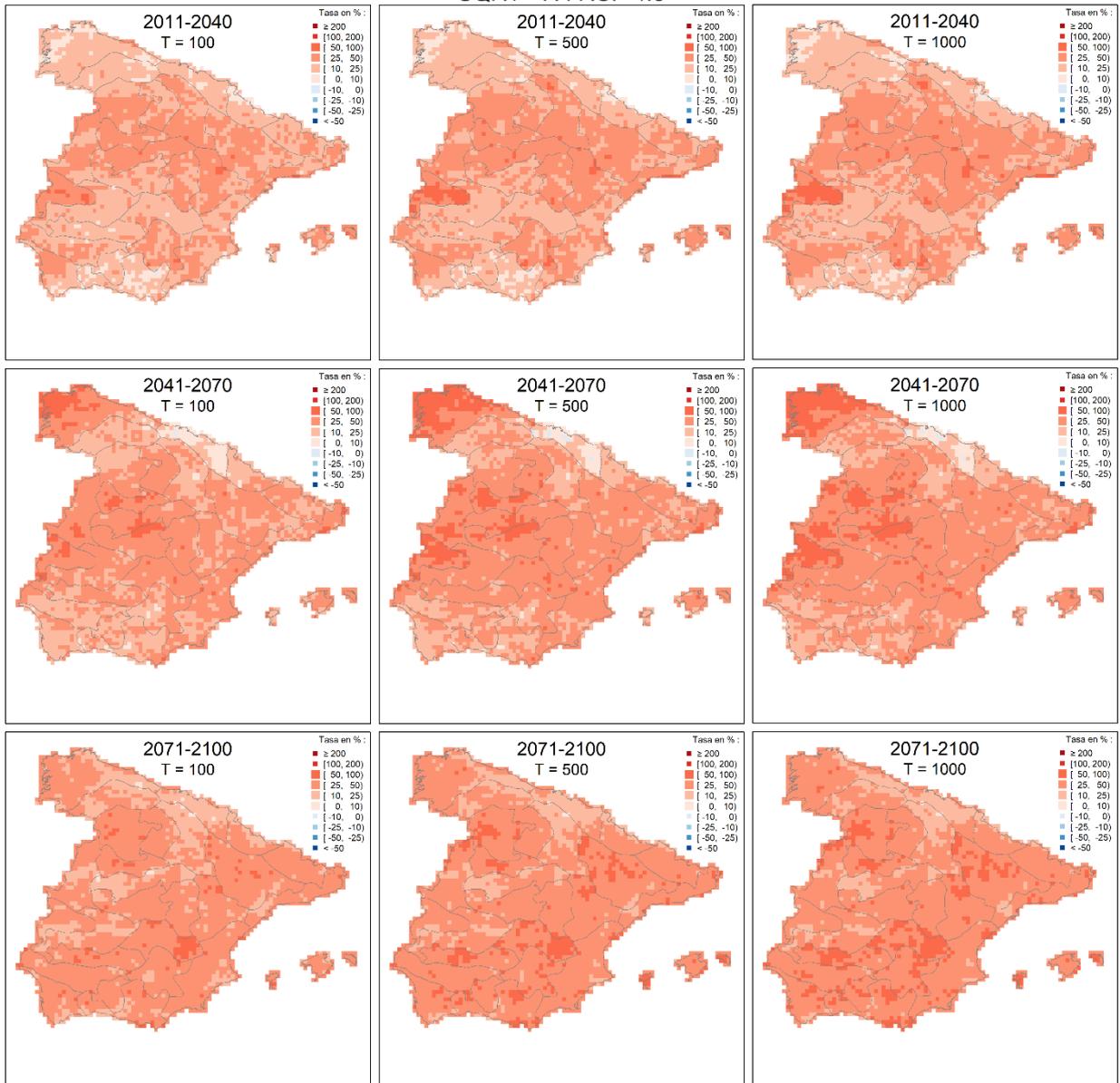


Figura 2.5. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 90 en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 4.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).

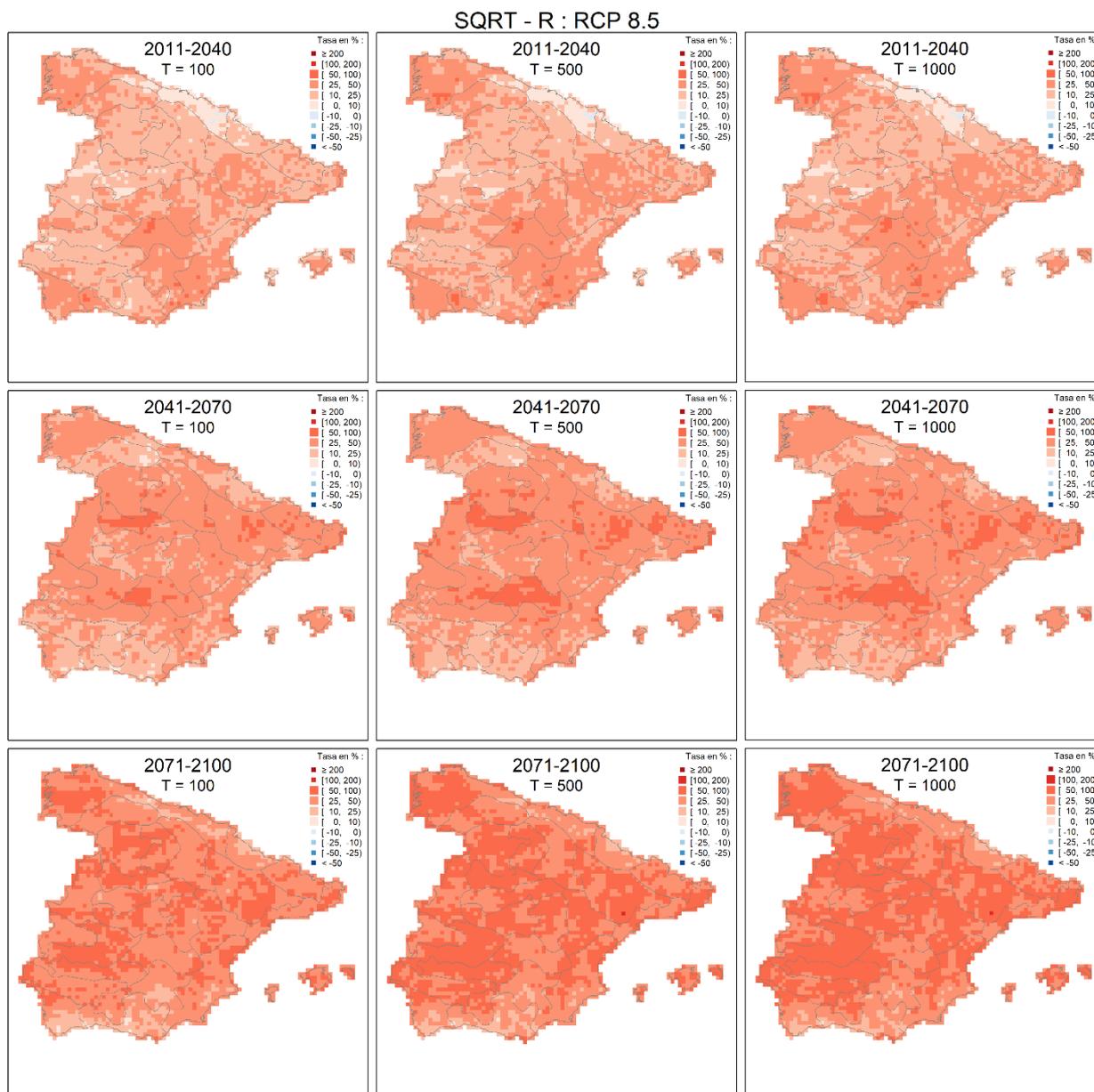


Figura 2.6. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 90 en la Península y Baleares para precipitación diaria máxima anual en base a modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 8.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).



Tabla 2.2. Tasas de cambio en cuantil medias (expresadas en %) para la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10$, 100 y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	Valor	SQRT-R			
		$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$
RCP 4.5: 2011-2040	mín	-9	-9	-10	-10
	med	5	6	7	7
	máx	17	20	21	22
RCP 4.5: 2041-2070	mín	-9	-7	-8	-8
	med	8	11	12	13
	máx	24	31	34	36
RCP 4.5: 2071-2100	mín	-9	-6	-4	-4
	med	10	13	14	15
	máx	26	33	37	38
RCP 8.5: 2011-2040	mín	-8	-8	-9	-9
	med	6	7	8	8
	máx	22	27	29	30
RCP 8.5: 2041-2070	mín	-8	-6	-5	-4
	med	8	11	13	13
	máx	25	31	35	37
RCP 8.5: 2071-2100	mín	-11	-6	-4	-3
	med	15	21	24	25
	máx	35	43	47	49

Tabla 2.3. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 10 (expresadas en %) para la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	Valor	SQRT-R			
		$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$
RCP 4.5: 2011-2040	mín	-33	-33	-32	-32
	med	-8	-10	-10	-11
	máx	5	6	7	7
RCP 4.5: 2041-2070	mín	-35	-36	-37	-37
	med	-6	-7	-7	-7
	máx	12	16	16	16
RCP 4.5: 2071-2100	mín	-33	-32	-32	-31
	med	-5	-6	-6	-6
	máx	18	22	24	25
RCP 8.5: 2011-2040	mín	-33	-33	-33	-33
	med	-7	-9	-10	-10
	máx	15	16	17	17
RCP 8.5: 2041-2070	mín	-34	-32	-31	-31
	med	-7	-7	-8	-8
	máx	14	18	19	19
RCP 8.5: 2071-2100	mín	-42	-37	-35	-34
	med	-3	0	1	1
	máx	20	29	32	33



Tabla 2.4. Tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 90 (expresadas en %) para la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

(** Porcentaje menor que 0 que se redondea a 0).

Escenario y periodo de impacto	Valor	SQRT-R			
		$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$
RCP 4.5: 2011-2040	mín	-2	-1	-1	0**
	med	19	23	26	26
	máx	46	60	67	69
RCP 4.5: 2041-2070	mín	-1	-2	-1	-2
	med	23	30	33	35
	máx	63	76	87	90
RCP 4.5: 2071-2100	mín	4	6	7	8
	med	25	32	36	37
	máx	57	74	80	82
RCP 8.5: 2011-2040	mín	-2	-2	-2	-2
	med	20	23	25	26
	máx	54	60	63	65
RCP 8.5: 2041-2070	mín	3	6	7	7
	med	25	31	35	36
	máx	66	75	83	85
RCP 8.5: 2071-2100	mín	-2	5	7	7
	med	33	44	49	51
	máx	73	93	101	104



Tabla 2.5. Valor medio sobre la Península y Baleares de las tasas de cambio en cuantil medias y asociadas a los percentiles 10 y 90 (expresadas en %), resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10$, 100 y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	Valor	SQRT-R			
		$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$
RCP 4.5: 2011-2040	Percentil 10	-8	-10	-10	-11
	Media	5	6	7	7
	Percentil 90	19	23	26	26
RCP 4.5: 2041-2070	Percentil 10	-6	-7	-7	-7
	Media	8	11	12	13
	Percentil 90	23	30	33	35
RCP 4.5: 2071-2100	Percentil 10	-5	-6	-6	-6
	Media	10	13	14	15
	Percentil 90	25	32	36	37
RCP 8.5: 2011-2040	Percentil 10	-7	-9	-10	-10
	Media	6	7	8	8
	Percentil 90	20	23	25	26
RCP 8.5: 2041-2070	Percentil 10	-7	-7	-8	-8
	Media	8	11	13	13
	Percentil 90	25	31	35	36
RCP 8.5: 2071-2100	Percentil 10	-3	0	1	1
	Media	15	21	24	25
	Percentil 90	33	44	49	51



Significancia de las tasas de cambio en cuantil

El rango del porcentaje de celdas en la Península y Baleares con cambios en cuantil significativos positivos para $\alpha = 0.10$ para cada modelo climático común evaluado de forma individual, en relación al modelo SQRT-R para el periodo de retorno adicional de 1000 años, es (16%, 86%), siendo dicho rango (9%, 85%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). El rango del porcentaje de celdas en la Península y Baleares con cambios significativos negativos es (0%¹, 30%) en ambos casos. Existiendo por lo tanto, un mayor número de celdas con cambios en cuantil significativos positivos que negativos, y una gran variabilidad en los resultados para los diferentes modelos climáticos.

La identificación del porcentaje de celdas en la Península y Baleares con cambio significativo para $\alpha = 0.10$ asociado al modelo SQRT-R en base a la mayoría de modelos climáticos comunes, para cada periodo de impacto y escenario, se muestra en la [Tabla 2.6](#). El porcentaje de celdas con cambios en cuantil significativos positivos aumenta con el periodo de impacto y con el periodo de retorno, y también, en general, con el escenario, siendo dicho rango (30%, 87%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (10% a 85%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años); el aumento con el periodo de retorno es menos marcado a medida que el periodo de retorno es más elevado. Al igual que se indica en el informe técnico, las zonas donde se localizan en mayor medida las celdas con cambios significativos positivos en los cuantiles corresponden al centro, noroeste y noreste peninsular (con ciertas diferencias en el patrón espacial proporcionado por el escenario RCP 4.5 y RCP 8.5), extendiéndose por el resto del territorio según avanza el siglo XXI y aumenta el periodo de retorno, excepto a zonas del este, sur y cantábrico ([Figuras 2.1 y 2.2](#)). En el informe técnico se indicó la existencia de un número reducido de celdas (ubicadas en puntos aislados del sur peninsular) que presentaban cambios en cuantil significativos negativos para $T = 10$ años; no encontrándose celdas con cambios en cuantil significativos negativos para periodos de retorno más elevados ([Tabla 2.6](#)).

Al aplicar la metodología basada en la identificación de celdas con cambios significativos en base a los resultados de la mayoría de modelos climáticos (ver [sección 5.2.4 del informe técnico](#)), puede existir un número reducido de celdas donde, para determinados casos particulares, la tasa de cambio media presente un valor negativo aun teniendo asociado un cambio en cuantil significativo positivo, o un valor positivo aun teniendo asociado un cambio en cuantil significativo negativo. Esto es debido al hecho de que los cambios en la celda se consideran significativos si lo son para la mayoría de modelos climáticos comunes, mientras que todos los modelos climáticos comunes se emplean en el cálculo de la tasa de cambio media para tener en cuenta la mayor cantidad de información posible. En la práctica, la tasa de cambio en cuantil media asociada a estas celdas puede considerarse como no significativa, asignándole un valor de cero (ver [sección 5.3 del informe técnico](#) para ejemplos sobre inconsistencias).

¹ Porcentaje mayor que cero, que da cero al redondear.



La [Tabla 2.7](#) muestra el rango de las tasas de cambio medias significativas (sin inconsistencias) para $\alpha = 0.10$ en la Península y Baleares asociadas al modelo SQRT-R, siendo dicho rango (2%, 49%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (-10%, 47%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años); los valores máximos de las tasas de cambio medias significativas aumentan con el periodo de retorno, siendo este aumento menos marcado a medida que el periodo de retorno es más elevado. Dicho comportamiento también se observa en la [Tabla 2.8](#), pero de forma menos pronunciada, ya que la tabla muestra los valores medios de dichas tasas de cambio medias significativas, así como de los percentiles 10 y 90 asociados con el fin de ilustrar su incertidumbre. Por ejemplo, para "RCP 8.5: 2071-2100" y $T = 1000$ años, la media para la Península y Baleares de la tasa de cambio en cuantil media significativa del modelo SQRT-R es 26%, con un rango de variabilidad de [3%, 53%], y para $T = 500$ años, la media es 26%, con un rango de variabilidad de [2%, 51%]. Se destaca que los valores no muestran decimales al estar redondeados, siendo en realidad la media de la tasa de cambio en cuantil media significativa para $T = 1000$ años algo mayor que para $T = 500$ años.

En cuanto a la significancia de los cambios en cuantil a nivel de región para el modelo SQRT-R, considerando los resultados de los modelos climáticos comunes de forma individual, el número de regiones en la Península y Baleares que presenta cambios significativos positivos consistentes para $\alpha = 0.10$ oscila entre 7 y 27 regiones para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y entre 4 y 27 regiones para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). El número de regiones con cambios significativos negativos consistentes oscila entre 0 y 13 regiones en ambos casos. Por lo tanto, hay un mayor número de regiones con cambios en cuantil significativos positivos que negativos. Asimismo, se observa una gran variabilidad en los resultados de los diferentes modelos climáticos. Se recuerda que hay un total de 27 regiones en la Península y Baleares, y que el cambio significativo en una región se considera consistente cuando únicamente es significativo para uno de los dos signos (positivo o negativo).

La identificación del número de regiones en la Península y Baleares con cambios significativos para $\alpha = 0.10$ asociadas al modelo SQRT-R en base a la mayoría de modelos climáticos comunes se muestra en la [Tabla 2.9](#). La significancia del cambio en cuantil, tanto a nivel de celda como de región, se indica en los mapas de tasas de cambio en cuantil medias para precipitación diaria máxima anual ([Figuras 2.1 y 2.2](#)).

Como resultado, el modelo SQRT-R identifica un número reducido de regiones con cambios en cuantil significativos negativos consistentes ([Tabla 2.9](#)), identificándose la región "0101" en el noroeste de la Península para "RCP 4.5: 2011-2040" en relación al periodo de retorno adicional de 1000 años (y a $T = 500$ años) ([Figura 2.1](#)), así como la región "0603" en el sur de la Península para "RCP 8.5: 2071-2100" y $T = 10$ años (como se muestra en el informe técnico). El número de regiones con cambios en cuantil significativos positivos consistentes identificadas por el modelo SQRT-R es de 21 a 27 regiones para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y de 17 a 27 regiones para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años) ([Tabla 2.9](#)). Su localización, descrita en el informe técnico, se incluye a continuación incorporando los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, siendo dicha



localización similar a la obtenida para $T = 500$ años (i.e., similar para los periodos de retorno más elevados) (Figuras 2.1 y 2.2):

- "RCP 4.5: 2011-2041": Península y Baleares, salvo regiones en el sur, y la región "0101" en el noroeste para $T = 500$ y 1000 años.
- "RCP 4.5: 2041-2070": Península y Baleares, salvo la región "0107" en el norte, y regiones en el sur y sureste para $T = 10$ años.
- "RCP 4.5: 2071-2100": Península y Baleares, salvo la región "0103" en el noroeste para $T = 500$ años.
- "RCP 8.5: 2011-2041": Península, salvo regiones en el norte, oeste, centro y sur.
- "RCP 8.5: 2041-2070": Península y Baleares, salvo regiones en el sur y este para $T = 10$ años.
- "RCP 8.5: 2071-2100": Península y Baleares, salvo regiones en el sur y sureste para $T = 10$ años.

Se recuerda que la evaluación de la significancia estadística de los cambios en cuantil para el periodo de retorno adicional llevada a cabo en esta adenda, se ha realizado en base a un conjunto de simulaciones diferente al empleado en el informe técnico; aunque los resultados obtenidos son coherentes.

Tabla 2.6. Porcentaje de celdas en la Península y Baleares que presenta cambio en cuantil significativo positivo ("+" o negativo ("-") para $\alpha = 0.10$, resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).
(* Porcentaje mayor que 0 que se redondea a 0).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	T = 10		T = 100		T = 500		T = 1000	
	+	-	+	-	+	-	+	-
RCP 4.5: 2011-2040	10	0	23	0	28	0	30	0
RCP 4.5: 2041-2070	25	0*	47	0	56	0	59	0
RCP 4.5: 2071-2100	39	0	62	0	69	0	72	0
RCP 8.5: 2011-2040	14	0*	27	0	33	0	35	0
RCP 8.5: 2041-2070	27	0	46	0	54	0	57	0
RCP 8.5: 2071-2100	63	0*	80	0	85	0	87	0

Tabla 2.7. Tasas de cambio en cuantil medias significativas (sin inconsistencias) para $\alpha = 0.10$ (expresadas en %) en la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).
(* Porcentaje mayor que 0 que se redondea a 0).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	$T = 10$		$T = 100$		$T = 500$		$T = 1000$	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
RCP 4.5: 2011-2040	3	17	3	20	4	21	3	22
RCP 4.5: 2041-2070	-8	24	0*	31	1	34	2	36
RCP 4.5: 2071-2100	3	26	2	33	2	37	2	38
RCP 8.5: 2011-2040	-4	22	2	27	2	29	2	30
RCP 8.5: 2041-2070	4	25	3	31	4	35	4	37
RCP 8.5: 2071-2100	-10	35	2	43	3	47	4	49

Tabla 2.8. Valor medio en la Península y Baleares de las tasas de cambio en cuantil significativas (sin inconsistencias) para $\alpha = 0.10$ asociadas a la media y a los percentiles 10 y 90 (expresadas en %), resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	Valor	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)			
		$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$
RCP 4.5: 2011-2040	Percentil 10	-7	-8	-8	-8
	Media	10	11	12	13
	Percentil 90	25	29	31	32
RCP 4.5: 2041-2070	Percentil 10	-2	-4	-5	-5
	Media	13	15	16	16
	Percentil 90	28	33	36	37
RCP 4.5: 2071-2100	Percentil 10	-3	-4	-5	-5
	Media	13	15	17	17
	Percentil 90	28	34	38	39
RCP 8.5: 2011-2040	Percentil 10	-4	-6	-7	-7
	Media	11	12	12	12
	Percentil 90	24	27	29	30
RCP 8.5: 2041-2070	Percentil 10	-3	-4	-5	-5
	Media	14	16	17	17
	Percentil 90	30	36	39	40
RCP 8.5: 2071-2100	Percentil 10	1	2	2	3
	Media	18	23	26	26
	Percentil 90	37	46	51	53



Tabla 2.9. Número de regiones en la Península y Baleares que presenta cambio en cuantil significativo positivo ("+") o negativo ("-") para $\alpha = 0.10$, resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).
(Número de regiones con cambios consistentes entre paréntesis).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	$T = 10$		$T = 100$		$T = 500$		$T = 1000$	
	+	-	+	-	+	-	+	-
RCP 4.5: 2011-2040	20 (20)	0 (0)	22 (22)	0 (0)	22 (22)	1 (1)	22 (22)	1 (1)
RCP 4.5: 2041-2070	25 (23)	2 (0)	26 (26)	0 (0)	26 (26)	0 (0)	26 (26)	0 (0)
RCP 4.5: 2071-2100	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (26)	1 (0)	27 (27)	0 (0)
RCP 8.5: 2011-2040	17 (17)	0 (0)	19 (19)	0 (0)	19 (19)	0 (0)	21 (21)	0 (0)
RCP 8.5: 2041-2070	23 (22)	1 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)
RCP 8.5: 2071-2100	26 (24)	3 (1)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)



Tasas de cambio en cuantil en rejilla regular (capas en formato ASCII)

Como resultado, se han generado capas de tasas de cambio en cuantil medias, asociadas a los percentiles 10 y 90, así como medias significativas para $\alpha = 0.10$, en formato ASCII (ver descripción en el [Anexo nº 1](#)). Esto se realiza para el modelo SQRT-R en base a los modelos climáticos comunes para la Península y Baleares para el periodo de retorno adicional de 1000 años. Se recuerda que las capas proporcionadas para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., para $T = 10, 100$ y 500 años) se describen en el [Anexo nº 8 de dicho informe técnico](#).

Para ello, se procede a la transformación de las tasas de cambio medias obtenidas en rejilla rotada a rejilla regular, así como a la posterior extracción de las tasas de cambio medias significativas (sin inconsistencias) en dicha rejilla regular (para más detalles, ver [sección 5.2.6 y Figura 5.16 del informe técnico](#)).

El rango de las tasas de cambio medias en rejilla rotada y en rejilla regular para el modelo SQRT-R en la Península y Baleares se muestra en la [Tabla 2.10](#). Dicha tabla muestra los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años), obteniéndose rangos similares asociados a ambas rejillas.

Tabla 2.10. Tasas de cambio en cuantil medias (expresadas en %) en rejilla rotada y en rejilla regular en la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación diaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R : rejilla rotada (0.11°)								SQRT-R : rejilla regular (0.125°)							
	T = 10		T = 100		T = 500		T = 1000		T = 10		T = 100		T = 500		T = 1000	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
RCP 4.5: 2011-2040	-9	17	-9	20	-10	21	-10	22	-7	15	-7	18	-7	20	-7	21
RCP 4.5: 2041-2070	-9	24	-7	31	-8	34	-8	36	-8	23	-7	29	-7	33	-7	35
RCP 4.5: 2071-2100	-9	26	-6	33	-4	37	-4	38	-6	24	-3	31	-3	34	-3	36
RCP 8.5: 2011-2040	-8	22	-8	27	-9	29	-9	30	-6	22	-7	26	-7	29	-7	29
RCP 8.5: 2041-2070	-8	25	-6	31	-5	35	-4	37	-6	24	-4	31	-2	35	-2	37
RCP 8.5: 2071-2100	-11	35	-6	43	-4	47	-3	49	-9	34	-4	42	-2	45	-1	47



2.2. Precipitación horaria máxima anual

El rango de las tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación horaria máxima anual, considerando los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R (Tabla 2.11), es (-19%, 77%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (-19%, 75%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). La media de dichos valores aumenta con el periodo de impacto y con el periodo de retorno (y también, en general, con el escenario RCP 8.5 frente al RCP 4.5); siendo su rango (11%, 39%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (9%, 38%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). El aumento de las tasas de cambio en cuantil medias con el periodo de retorno también es menos marcado a medida que el periodo de retorno es más elevado.

La identificación del porcentaje de celdas en la Península y Baleares con cambio en cuantil significativo para $\alpha = 0.10$ asociado al modelo SQRT-R en base a la mayoría de modelos climáticos comunes, para cada periodo de impacto y escenario, se muestra en la Tabla 2.12. El porcentaje de celdas con cambios en cuantil significativos positivos aumenta con el periodo de impacto y con el periodo de retorno, y también, en general, con el escenario, siendo (45%, 98%) el rango para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (27%, 98%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años); el aumento con el periodo de retorno también es menos marcado a medida que el periodo de retorno es más elevado. En el informe técnico se indicó la existencia de un número reducido de celdas (ubicadas en zonas muy puntuales del norte y sur peninsular) que presentaban cambios en cuantil significativos negativos para $T = 10$ años en relación al primer periodo de impacto. Para el periodo de retorno adicional de 1000 años se encuentran celdas con cambios en cuantil significativos negativos en zonas muy puntuales del noroeste peninsular en relación al segundo periodo de impacto para RCP 4.5.

La Tabla 2.13 muestra el rango de las tasas de cambio en cuantil medias significativas (sin inconsistencias) para $\alpha = 0.10$ en la Península y Baleares asociadas al modelo SQRT-R, siendo dicho rango (-4%, 77%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (-10%, 75%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). Los valores máximos de las tasas de cambio medias significativas aumentan con el periodo de retorno, siendo este aumento también menos marcado a medida que el periodo de retorno es más elevado.

Como se indicó en el informe técnico en relación al modelo SQRT-R, las zonas donde se localizan principalmente las celdas con cambios significativos positivos en los cuantiles para $T = 10$ años y el primer periodo de impacto corresponden al centro (en mayor medida en la parte occidental que en la oriental) y noreste peninsular, alcanzando también a algunas zonas del sur y sureste. Estas zonas se extienden a prácticamente la totalidad del territorio según avanza el siglo XXI y aumenta el periodo de retorno, con ligeras diferencias en el patrón espacial entre el escenario RCP 4.5 y RCP 8.5. En relación a los resultados obtenidos para la precipitación diaria máxima anual, se observa cómo los cambios significativos para la precipitación horaria afectan a una mayor extensión de territorio, destacando un mayor número de celdas con cambios en el sur y sureste peninsular e Islas Baleares para ambos escenarios, en el noroeste peninsular para



el escenario RCP 4.5 y en la zona central occidental para el escenario RCP 8.5. Asimismo, las tasas de cambio son, en general, de mayor magnitud para la precipitación horaria que para la diaria, previéndose para la precipitación horaria máxima anual un patrón espacial de cambios similar al de la precipitación diaria, aunque produciéndose los cambios de una manera más intensa y generalizada. De esta forma, en general, los resultados apuntan a un mayor incremento de las precipitaciones para intervalos temporales más pequeños y, por lo tanto, a un incremento de la torrencialidad.

La identificación del número de regiones en la Península y Baleares con cambios significativos para $\alpha = 0.10$ asociados al modelo SQRT-R en base a la mayoría de modelos climáticos comunes se muestra en la [Tabla 2.14](#). Como resultado, no se identifica ninguna región con cambios en cuantil significativos negativos consistentes, mientras que el número de regiones con cambios en cuantil significativos positivos consistentes es de 22 a 27 regiones tanto para el periodo de retorno adicional de 1000 años, como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). Los mapas de tasas de cambio en cuantil medias para precipitación horaria máxima anual indicando significancia para $\alpha = 0.10$ (tanto a nivel de celda como de región) en base a los resultados de la mayoría de modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R se muestran en las [Figuras 2.7 y 2.8](#). Destaca la obtención de resultados similares para altos periodos de retorno (e.g., $T = 500$ y 1000 años), identificándose regiones con cambios en cuantil significativos positivos consistentes en prácticamente todo el territorio, con la excepción del noroeste de la Península y Baleares para el primer periodo de impacto.

Se recuerda que la evaluación de la significancia estadística de los cambios en cuantil para el periodo de retorno adicional llevada a cabo en esta adenda, se ha realizado en base a un conjunto de simulaciones diferente al empleado en el informe técnico; aunque los resultados obtenidos son coherentes.



Tabla 2.11. Tasas de cambio en cuantil medias (expresadas en %) para la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación horaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10$, 100 y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	Valor	SQRT-R			
		$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$
RCP 4.5: 2011-2040	mín	-13	-13	-14	-14
	med	10	12	13	14
	máx	51	58	61	63
RCP 4.5: 2041-2070	mín	-10	-8	-7	-7
	med	15	18	20	20
	máx	46	53	56	57
RCP 4.5: 2071-2100	mín	-5	-5	-5	-5
	med	20	24	25	26
	máx	48	52	55	56
RCP 8.5: 2011-2040	mín	-18	-18	-19	-19
	med	9	10	11	11
	máx	38	39	41	42
RCP 8.5: 2041-2070	mín	-7	-6	-6	-6
	med	16	19	21	21
	máx	48	55	57	58
RCP 8.5: 2071-2100	mín	-2	6	7	7
	med	29	35	38	39
	máx	62	71	75	77

Tabla 2.12. Porcentaje de celdas en la Península y Baleares que presenta cambio en cuantil significativo positivo ("+") o negativo ("-") para $\alpha = 0.10$, resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación horaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10$, 100 y 500 años).
(* Porcentaje mayor que 0 que se redondea a 0).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	$T = 10$		$T = 100$		$T = 500$		$T = 1000$	
	+	-	+	-	+	-	+	-
RCP 4.5: 2011-2040	30	0*	46	0	52	0	54	0
RCP 4.5: 2041-2070	50	0	65	0	70	0	71	0*
RCP 4.5: 2071-2100	71	0	84	0	88	0	89	0
RCP 8.5: 2011-2040	27	0*	38	0	44	0	45	0
RCP 8.5: 2041-2070	58	0	72	0	76	0	77	0
RCP 8.5: 2071-2100	90	0	96	0	98	0	98	0

Tabla 2.13. Tasas de cambio en cuantil medias significativas (sin inconsistencias) para $\alpha = 0.10$ (expresadas en %) en la Península y Baleares, resultantes del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación horaria máxima anual en base a los modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	T = 10		T = 100		T = 500		T = 1000	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
RCP 4.5: 2011-2040	-10	51	3	58	1	61	1	63
RCP 4.5: 2041-2070	2	46	2	53	2	56	-4	57
RCP 4.5: 2071-2100	5	48	3	52	5	55	3	56
RCP 8.5: 2011-2040	-8	38	1	39	1	41	3	42
RCP 8.5: 2041-2070	3	48	4	55	4	57	4	58
RCP 8.5: 2071-2100	6	62	7	71	7	75	7	77

Tabla 2.14. Número de regiones en la Península y Baleares que presenta cambio en cuantil significativo positivo ("+") o negativo ("-") para $\alpha = 0.10$, resultante del ajuste del modelo SQRT-R para precipitación horaria máxima anual en base a la mayoría de modelos climáticos comunes. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).
 (Número de regiones con cambios consistentes entre paréntesis).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	T = 10		T = 100		T = 500		T = 1000	
	+	-	+	-	+	-	+	-
RCP 4.5: 2011-2040	24 (23)	1 (0)	25 (25)	0 (0)	25 (25)	0 (0)	25 (24)	1 (0)
RCP 4.5: 2041-2070	27 (26)	1 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)
RCP 4.5: 2071-2100	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)
RCP 8.5: 2011-2040	26 (24)	2 (0)	26 (22)	4 (0)	26 (22)	4 (0)	26 (22)	4 (0)
RCP 8.5: 2041-2070	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)
RCP 8.5: 2071-2100	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)	27 (27)	0 (0)



CEDEX

ADENDA AL INFORME TÉCNICO
"IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN ESPAÑA"

SQRT - R : RCP 4.5 ($\alpha = 0.10$)

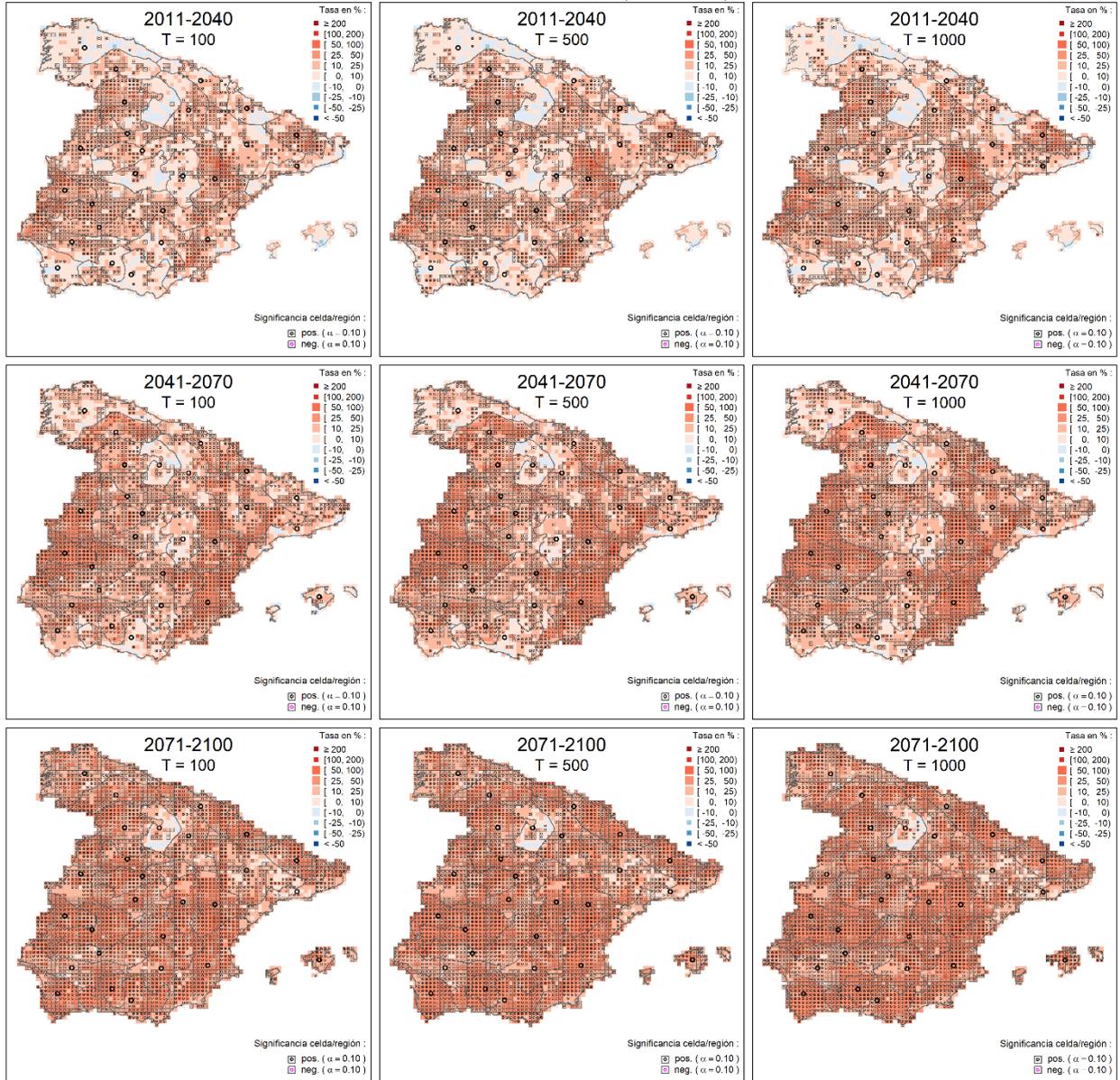


Figura 2.7. Tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación horaria máxima anual, indicando significancia para $\alpha = 0.10$, en base a los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 4.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).

SQRT - R : RCP 8.5 ($\alpha = 0.10$)

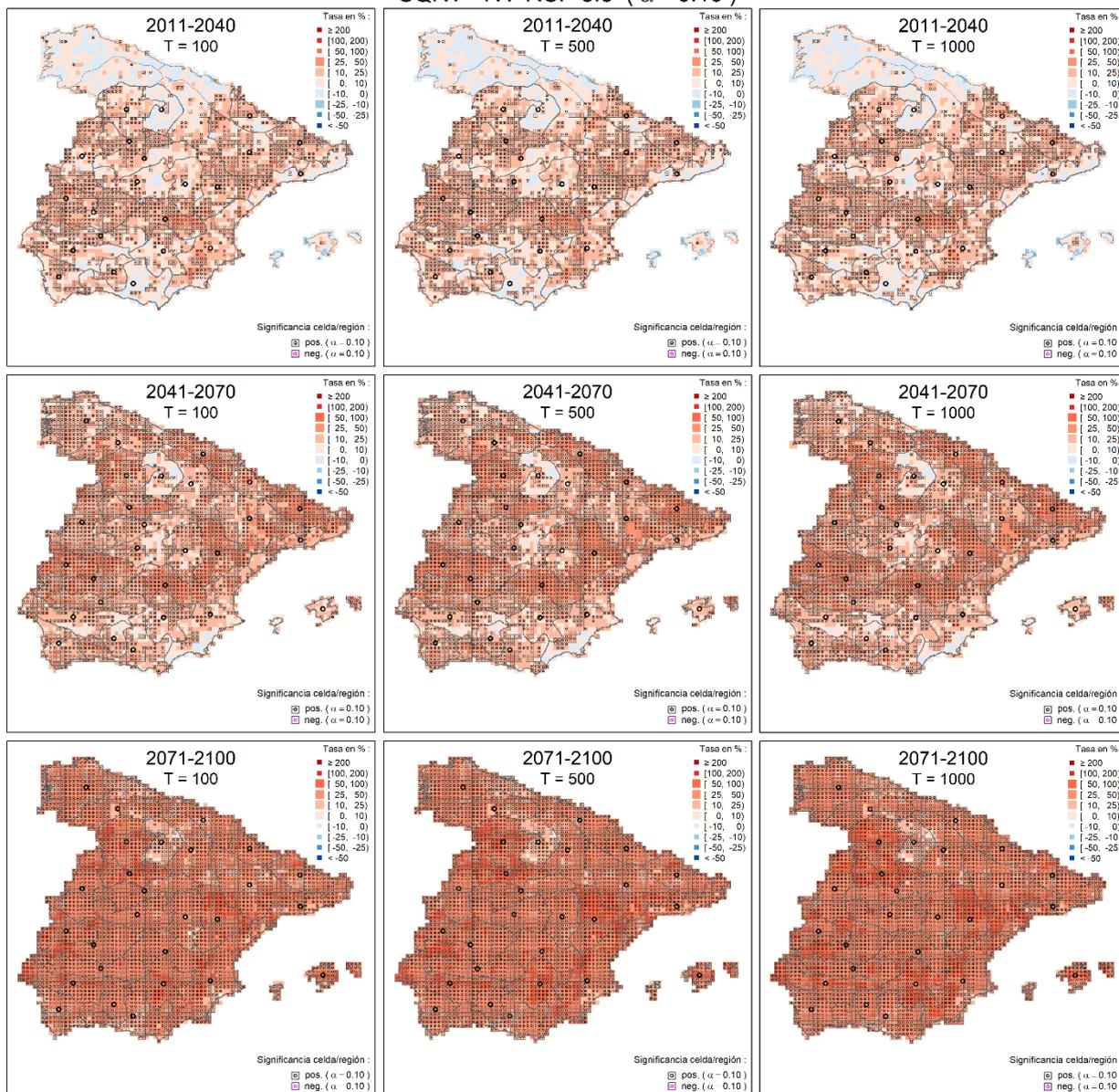


Figura 2.8. Tasas de cambio en cuantil medias en la Península y Baleares para precipitación horaria máxima anual, indicando significancia para $\alpha = 0.10$, en base a los modelos climáticos comunes para el modelo SQRT-R en RCP 8.5. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).



2.3. Cambios en el factor de torrencialidad

El porcentaje de celdas en la Península y Baleares con cambios en cuantil medios significativos para precipitación diaria máxima anual y/o precipitación horaria máxima anual, obtenido para el modelo SQRT-R en base al uso de los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables (ver [Tablas 5.1 y 2.1 del informe técnico](#)), se muestra en la [Tabla 2.15](#). Dichos porcentajes de celdas aumentan con el periodo de retorno, así como con el periodo de impacto; en línea con lo obtenido en secciones anteriores, el aumento con el periodo de retorno es menos marcado a medida que el periodo de retorno es más elevado. En relación al periodo de retorno adicional de 1000 años, los valores oscilan entre el 11% y el 68% en el caso de cambio significativo en ambas variables, y entre el 41% y el 97% en el caso de cambio significativo en una o ambas variables. En relación a los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años), los valores oscilan entre el 4% y el 66% en el caso de cambio significativo en ambas variables, y entre el 25% y el 96% en el caso de cambio significativo en una o ambas variables.

El cambio relativo en el factor de torrencialidad para el modelo SQRT-R en la Península y Baleares presenta mayores valores positivos que negativos, siendo el rango (-22%, 50%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (-21%, 50%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años); aumentando el valor máximo con el periodo de retorno, y observándose que dicho aumento también es menos marcado a medida que el periodo de retorno es más elevado ([Tabla 2.16](#)). Los mapas de cambios relativos en el factor de torrencialidad para el modelo SQRT-R en relación a los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, se muestran en las [Figuras 2.9 y 2.10](#), respectivamente. Las figuras incluyen los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).

El número de celdas con cambios significativos en la precipitación diaria y/o horaria máxima anual y, por lo tanto, que proporciona información para identificar patrones de cambio en el factor de torrencialidad, aumenta al aumentar el periodo de retorno y el periodo de impacto, conforme a lo indicado en la [Tabla 2.15](#). Como se indicó en el informe técnico, las zonas donde en mayor medida no se pronostican cambios (i.e., donde se encuentra la mayor parte de las celdas para las que no existe cambio en cuantil significativo para precipitación diaria ni horaria máxima anual) se encuentran en el noroeste y sur de la Península y en Baleares para los dos primeros periodos de impacto para el escenario RCP 4.5 y para el primer periodo de impacto para el escenario RCP 8.5, y en el sur de la Península y en Baleares para el segundo periodo de impacto para el escenario RCP 8.5 ([Figuras 2.9 y 2.10](#)).

Al igual que se indicó en el informe técnico, las celdas con cambios relativos en el factor de torrencialidad positivos ([Figuras 2.9 y 2.10](#)) se encuentran distribuidas a lo largo de la Península y Baleares, presentando generalmente mayores cambios a medida que aumenta el periodo de retorno y el periodo de impacto, y encontrándose los mayores valores ubicados en las zonas norte, centro, centro-suroeste, sureste y este peninsular para el escenario RCP 4.5 (con cambios de hasta el 47% para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y de hasta el 46% para los periodos de retorno empleados en el informe técnico); así como en las zonas norte, oeste y sur peninsular para el escenario RCP 8.5 (con cambios de hasta el 50% en ambos casos).



En general, como se indicó en el informe técnico, el número de celdas con cambios relativos en el factor de torrencialidad negativos ([Figuras 2.9 y 2.10](#)) es menor que el asociado con cambios positivos, encontrándose mayormente en la zona oeste, centro y noreste peninsular (con algunas celdas puntuales en el noroeste, sur, costa este y Baleares) para el escenario RCP 4.5 (con cambios de hasta el -22% para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y de hasta el -21% para los periodos de retorno empleados en el informe técnico); así como en la zona centro, noreste y este peninsular (con algunas celdas puntuales en el noroeste, oeste, sur y Baleares) para el escenario RCP 8.5 (con cambios de hasta el -19% para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y de hasta el -18% para los periodos de retorno empleados en el informe técnico).

Debido a que los resultados mostrados en las [Figuras 2.9 y 2.10](#) están basados en el uso de sólo cuatro modelos climáticos comunes disponibles para las variables precipitación diaria y horaria máxima anual, y teniendo en cuenta que se observa cierto patrón regional en dichos cambios, se han elaborado mapas de cambio relativo en el factor de torrencialidad de manera regional con el fin de obtener un valor representativo del cambio medio en la región, proporcionando una estimación aproximada de los cambios en dicho factor a lo largo de la Península y Baleares. De esta forma, el cambio relativo regional en el factor de torrencialidad se calcula como la media de los cambios relativos en el factor de torrencialidad en las celdas pertenecientes a cada región, considerando igual a cero el cambio relativo en las celdas sin resultados (i.e., donde el cambio en cuantil de precipitación diaria y horaria máxima anual no es significativo para ninguna de las dos variables).

El cambio relativo regional en el factor de torrencialidad en la Península y Baleares presenta mayores valores positivos que negativos, siendo el rango (-8%, 24%) para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y (-7%, 23%) para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años); aumentando el valor máximo con el periodo de retorno y, en general, con el periodo de impacto ([Tabla 2.17](#)). En línea con resultados anteriores, el aumento del cambio relativo regional en el factor de torrencialidad con el periodo de retorno es menos marcado a medida que el periodo de retorno es más elevado.

Los mapas de cambio relativo regional en el factor de torrencialidad para el modelo SQRT-R se muestran en las [Figuras 2.11 y 2.12](#), donde, como se ha indicado, se observa una mayoría de valores positivos. Destaca la presencia de regiones con cambios mayores al 10% cuyo número y/o magnitud de cambio aumenta, generalmente, con el periodo de retorno y el periodo de impacto. Como se indicó en el informe técnico, dichas regiones se encuentran mayormente ubicadas en las zonas noroeste, centro y sur de la Península para el escenario RCP 4.5 (con cambios de hasta el 24% para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y de hasta el 22% para los periodos de retorno empleados en el informe técnico); y en el noreste, oeste y suroeste de la Península para el escenario RCP 8.5 (con cambios de hasta el 23% en ambos casos), presentando también valores próximos al 10% para este escenario la costa este y Baleares en el último periodo de impacto, para los periodos de retorno más elevados.

Como también se indicó en el informe técnico, se observan cambios relativos regionales negativos ([Figuras 2.11 y 2.12](#)) en determinadas regiones localizadas en el centro de la Península y en Baleares para el escenario RCP 4.5 (con cambios de hasta el -8% para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y de hasta el -7% para los periodos de retorno empleados en



el informe técnico); así como en algunas regiones del norte de la Península y en Baleares para el escenario RCP 8.5 (con cambios de hasta el -7% para el periodo de retorno adicional de 1000 años, y de hasta el -6% para los periodos de retorno empleados en el informe técnico).

Tabla 2.15. Porcentaje de celdas en la Península y Baleares con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	Cambios significativos en ambas variables				Cambios significativos en una o ambas variables			
	$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$	$T = 10$	$T = 100$	$T = 500$	$T = 1000$
RCP 4.5: 2011-2040	5	11	14	15	26	39	44	46
RCP 4.5: 2041-2070	14	28	33	35	46	61	66	68
RCP 4.5: 2071-2100	21	36	43	45	67	80	83	85
RCP 8.5: 2011-2040	4	8	11	11	25	35	39	41
RCP 8.5: 2041-2070	12	24	28	29	49	63	67	68
RCP 8.5: 2071-2100	38	60	66	68	85	94	96	97

Tabla 2.16. Cambios relativos en el factor de torrencialidad (expresados en %) en la Península y Baleares, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	$T = 10$		$T = 100$		$T = 500$		$T = 1000$	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
RCP 4.5: 2011-2040	-16	37	-20	39	-21	40	-22	41
RCP 4.5: 2041-2070	-16	38	-17	42	-18	46	-18	47
RCP 4.5: 2071-2100	-18	38	-20	42	-21	44	-21	45
RCP 8.5: 2011-2040	-13	32	-15	34	-16	35	-17	36
RCP 8.5: 2041-2070	-14	36	-16	40	-18	42	-19	43
RCP 8.5: 2071-2100	-16	45	-16	49	-16	50	-16	50

Tabla 2.17. Cambios relativos regionales en el factor de torrencialidad (expresados en %) en la Península y Baleares, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años). (** Porcentaje menor que 0 que se redondea a 0).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	$T = 10$		$T = 100$		$T = 500$		$T = 1000$	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
RCP 4.5: 2011-2040	-2	5	-6	9	-7	10	-8	11
RCP 4.5: 2041-2070	-1	10	-3	18	-4	22	-4	24
RCP 4.5: 2071-2100	-4	15	-6	20	-7	22	-7	23
RCP 8.5: 2011-2040	-1	6	-1	9	-1	11	-1	11
RCP 8.5: 2041-2070	0**	11	-3	16	-6	19	-7	20
RCP 8.5: 2071-2100	0**	20	-3	22	-5	23	-5	23

SQRT - R : RCP 4.5

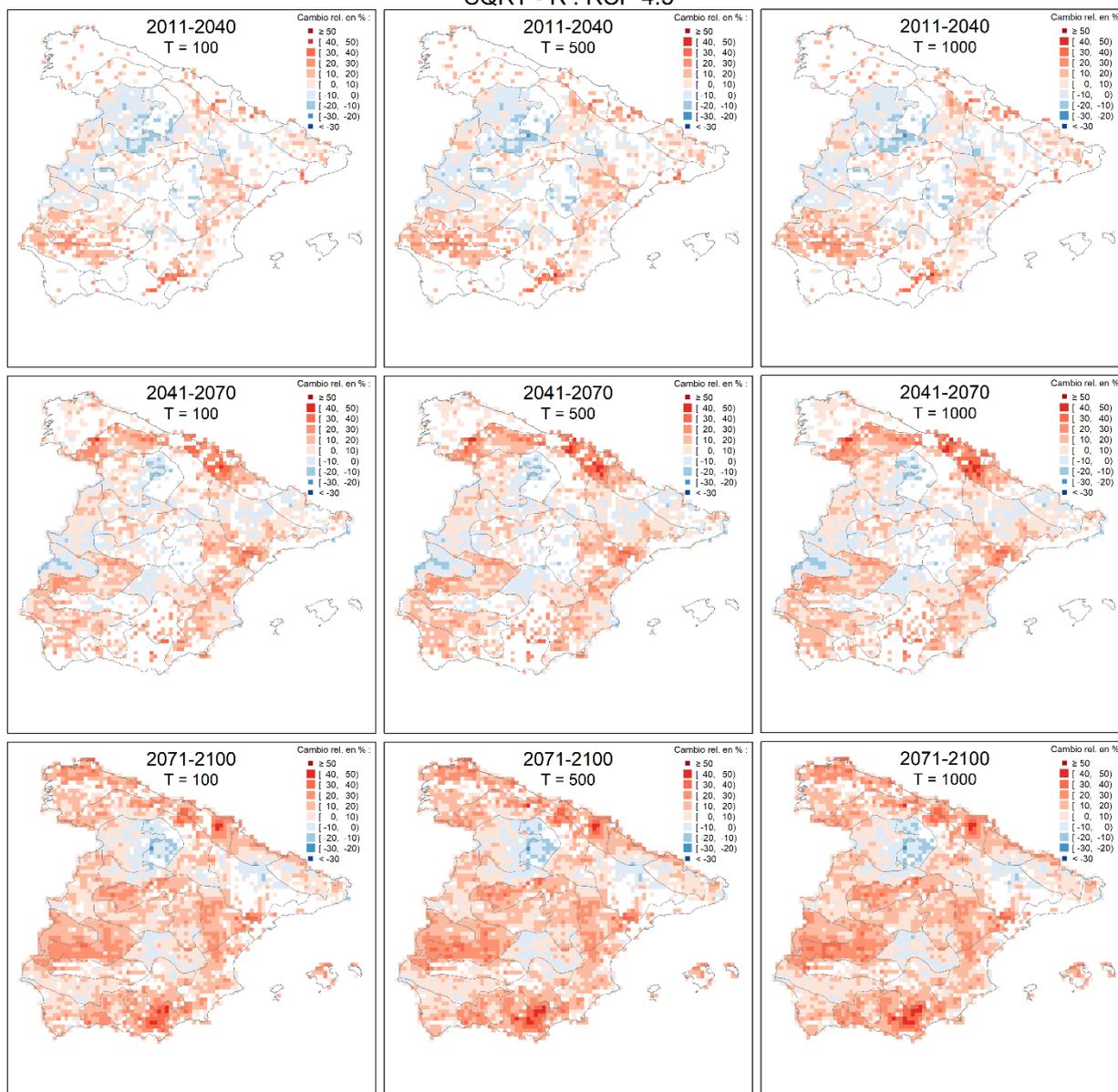


Figura 2.9. Cambios relativos en el factor de torrencialidad en la Península y Baleares para RCP 4.5, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).

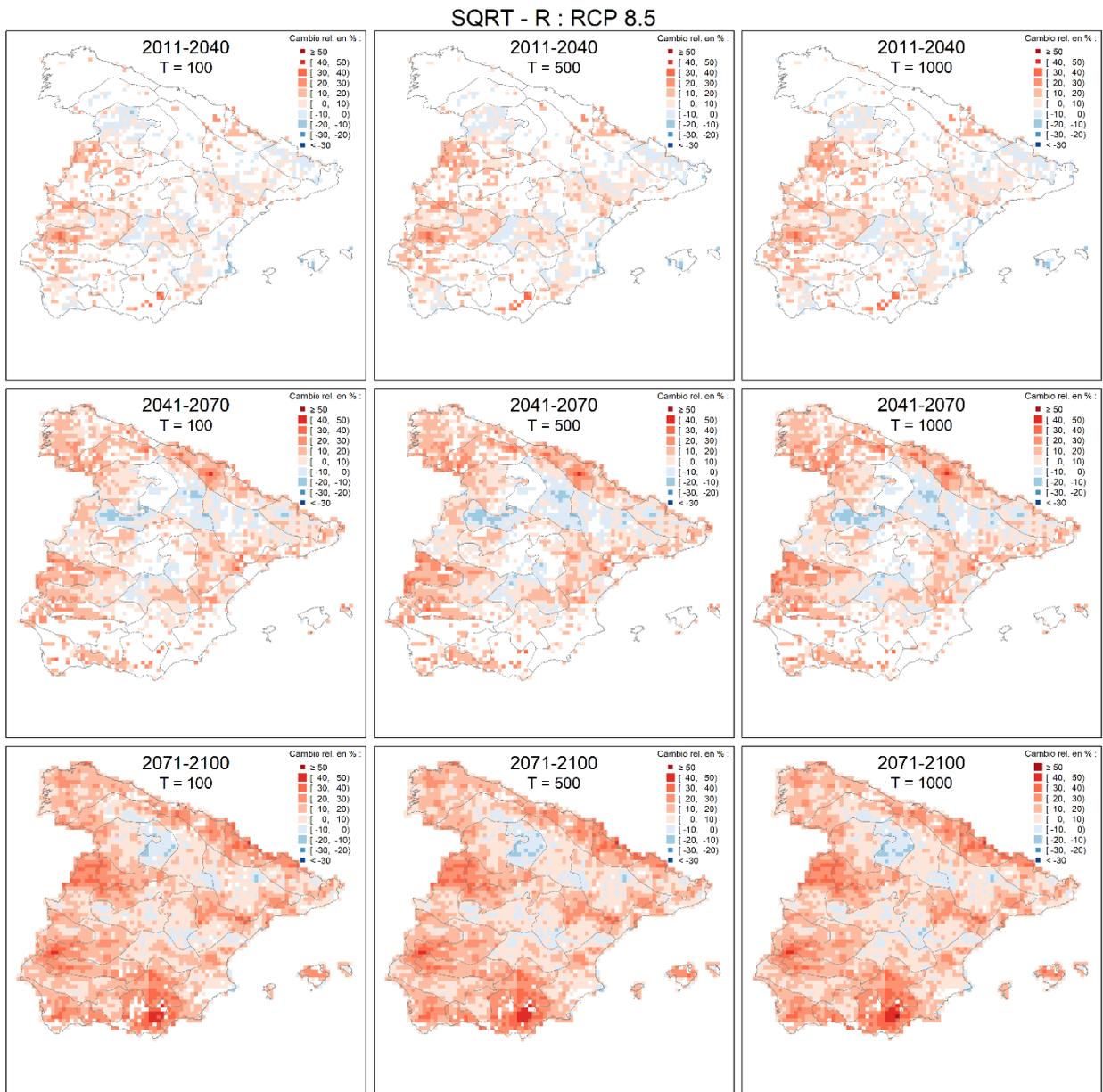


Figura 2.10. Cambios relativos en el factor de torrencialidad en la Península y Baleares para RCP 8.5, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años).

SQRT - R : RCP 4.5

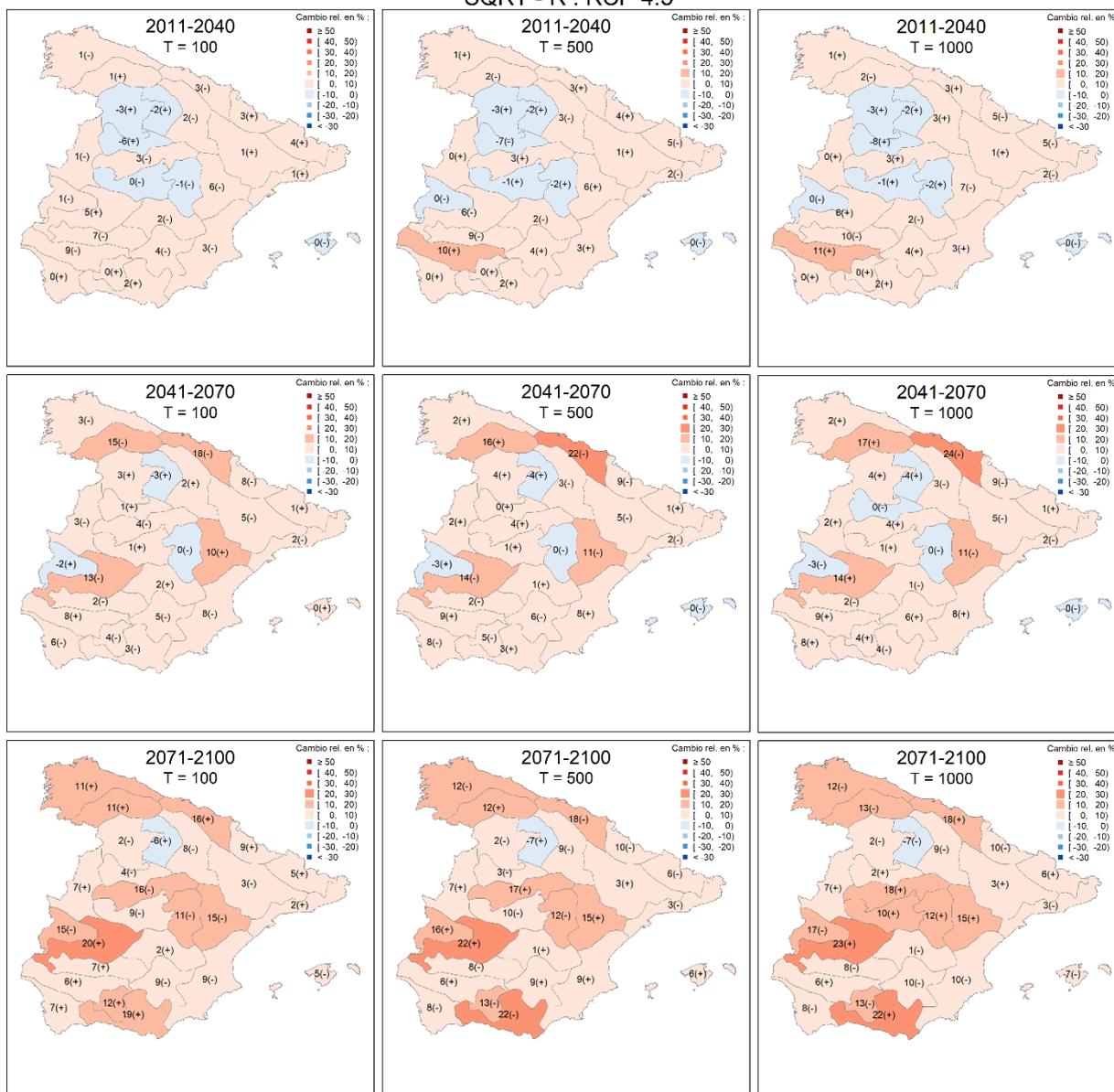


Figura 2.11. Cambios relativos regionales en el factor de torrencialidad en la Península y Baleares para RCP 4.5, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años). (El signo entre paréntesis indica que el valor con decimales es mayor "(+)" o menor "(-)" que el valor tras el redondeo).



CEDEX

ADENDA AL INFORME TÉCNICO
"IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN ESPAÑA"

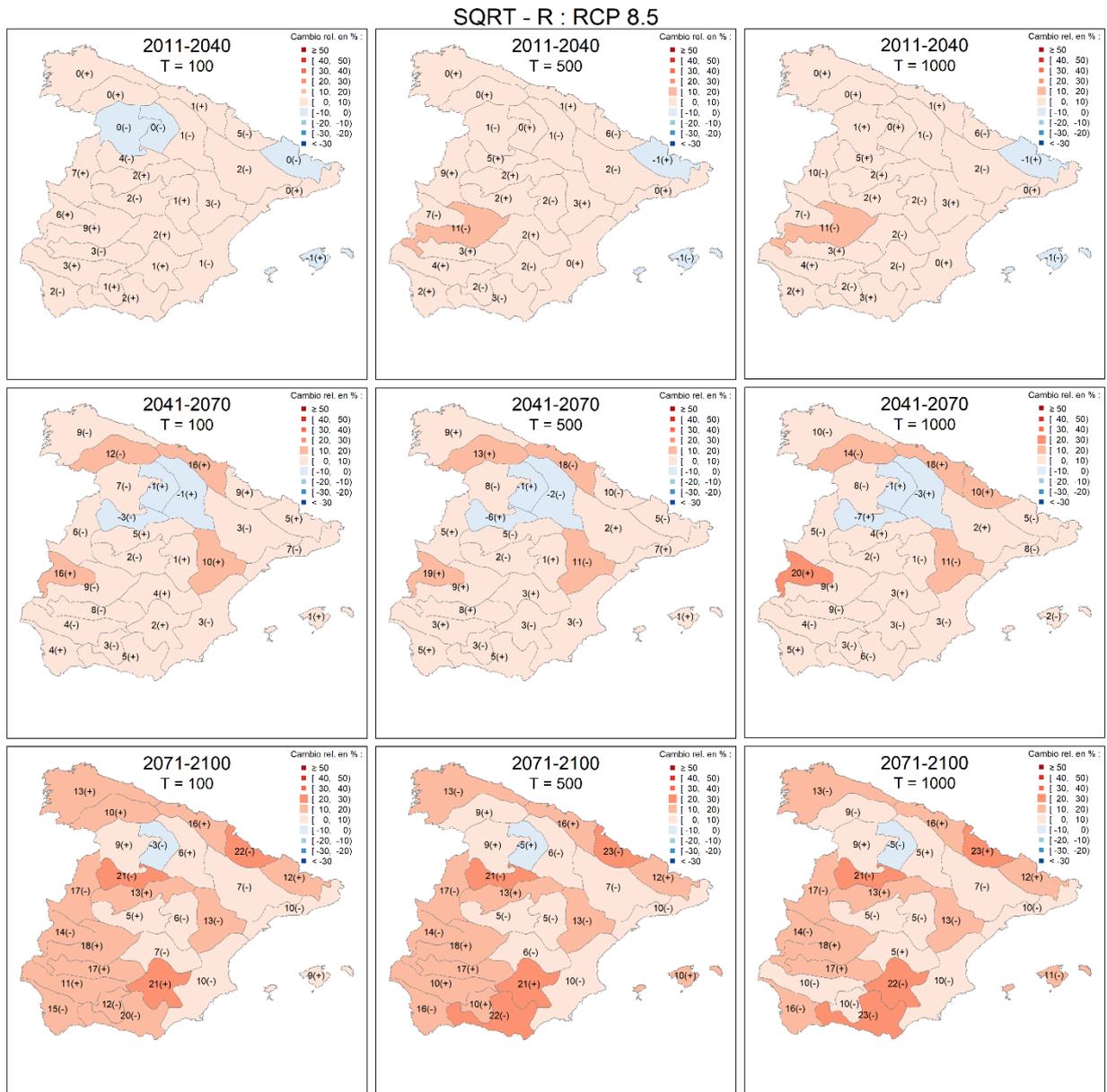


Figura 2.12. Cambios relativos regionales en el factor de torrencialidad en la Península y Baleares para RCP 8.5, asociados con cambios en cuantil medios significativos (para $\alpha = 0.10$) para precipitación diaria y/o horaria máxima anual, para el modelo SQRT-R en base a los cuatro modelos climáticos comunes a ambas variables. Se muestran los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno relevantes para la seguridad de las presas empleados en el informe técnico (i.e., $T = 100$ y 500 años). (El signo entre paréntesis indica que el valor con decimales es mayor "(+)" o menor "(-)" que el valor tras el redondeo).

3. ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN LOS CUANTILES DE PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA ANUAL ACUMULADA EN LA RED FLUVIAL PARA EL PERIODO DE RETORNO ADICIONAL DE 1000 AÑOS

El rango de las tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual medias significativas en rejilla regular tras remuestreo, asociado al periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R en la Península, para el periodo de retorno adicional de 1000 años, se muestra en la [Tabla 3.1](#). Dichas tasas de cambio son positivas, presentando valores de hasta el 37%, siendo las tasas de cambio asociadas a los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10$, 100 y 500 años) mayormente positivas (con la excepción de valores negativos para un número reducido de celdas localizadas en la zona más al sur de la Península en relación al escenario RCP 4.5 para $T = 10$ años), presentando valores de hasta el 35%. Las tasas de cambio aumentan con el periodo de retorno y escenario, como se indicó en el informe técnico.

Tabla 3.1. Tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual medias significativas (expresadas en %) en rejilla regular tras remuestreo, asociadas al periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes) en la Península. Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10$, 100 y 500 años). (* Porcentaje mayor que 0 que se redondea a 0).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$) : rejilla regular + remuestreo (0.5 km)							
	T = 10		T = 100		T = 500		T = 1000	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
RCP 4.5: 2041-2070	-7	23	0*	29	1	33	1	35
RCP 8.5: 2041-2070	3	24	2	31	3	35	3	37

El rango de los cuantiles de precipitación diaria máxima anual observada y futura para el periodo de retorno adicional de 1000 años se muestra en la [Tabla 3.2](#). Los cuantiles de precipitación diaria máxima anual observada se han obtenido a partir de los resultados de [DGC \(1999\)](#). El efecto de las tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual medias significativas es más marcado a medida que aumenta el periodo de retorno y para el escenario más pesimista, como se indicó en el informe técnico.

Tabla 3.2. Cuantiles de precipitación diaria máxima anual observada y futura (expresados en mm) asociados al periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R en la Península. Los valores observados se han obtenido a partir de los resultados de [DGC \(1999\)](#); los valores futuros provienen de la aplicación de las tasas de cambio en cuantil medias significativas en rejilla regular tras remuestreo (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes). Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10$, 100 y 500 años).

Periodo	SQRT-R							
	T = 10		T = 100		T = 500		T = 1000	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
Histórico procedente de DGC (1999)	41	249	62	401	78	522	87	582
RCP 4.5: 2041-2070 ($\alpha = 0.10$)	42	249	64	419	80	550	89	617
RCP 8.5: 2041-2070 ($\alpha = 0.10$)	42	249	64	427	80	564	89	632



El comportamiento de las tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada asociadas al periodo de impacto 2041-2070 para el periodo de retorno adicional de 1000 años (Tabla 3.3) es similar al de las tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual mostradas en la Tabla 3.1, es decir, son positivas, presentando valores de hasta el 37%, siendo el comportamiento de dichas tasas de cambio para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años) también coherente. Las capas de tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada para el periodo de retorno adicional de 1000 años se proporcionan en formato ASCII (ver descripción en el Anexo nº 1); se recuerda que dichas capas se proporcionaron previamente para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años; ver descripción en el Anexo nº 8 del informe técnico).

Tabla 3.3. Tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada (expresadas en %) asociadas al periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R para la Península. Los valores provienen de la aplicación de las tasas de cambio en cuantil medias significativas en rejilla regular tras remuestreo (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes). Se muestran resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años, así como para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años).

Escenario y periodo de impacto	SQRT-R ($\alpha = 0.10$)							
	$T = 10$		$T = 100$		$T = 500$		$T = 1000$	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
RCP 4.5: 2041-2070	-6	23	0	29	0	33	0	35
RCP 8.5: 2041-2070	0	24	0	31	0	35	0	37

La distribución espacial de las tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada a lo largo de la red fluvial en la Península con división según demarcaciones hidrográficas (ver Figura 6.1 del informe técnico) para el periodo de retorno adicional de 1000 años se muestra en las Figuras 3.1 y 3.2. A modo de ilustración, la Figura 3.3 permite comparar los resultados obtenidos para el periodo de retorno adicional de 1000 años y para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años); nótese que las figuras individuales asociadas a los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años) pueden consultarse en las Figuras 6.2 a 6.7 del informe técnico. Los resultados para el periodo de retorno adicional de 1000 años confirman lo identificado para los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años), la extensión de las zonas donde existe una mayor densidad de tramos con valores más elevados de las tasas de cambio aumenta a medida que aumenta el periodo de retorno, aumentando asimismo su magnitud, observándose sin embargo una cierta convergencia en su localización y magnitud para muy altos periodos de retorno. Estas zonas se encuentran localizadas a lo largo de toda la Península, aunque con muy escasa presencia en el sur y en la vertiente cantábrica para ambos escenarios. Las demarcaciones hidrográficas con mayor presencia de tramos con cambios más importantes en relación al escenario RCP 4.5 son la del Guadiana, la del Tajo y la del Duero; mientras que para el escenario RCP 8.5 son el Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña, la del Júcar, la cabecera de la del Segura, la del Guadiana, la del Duero y la del Ebro.

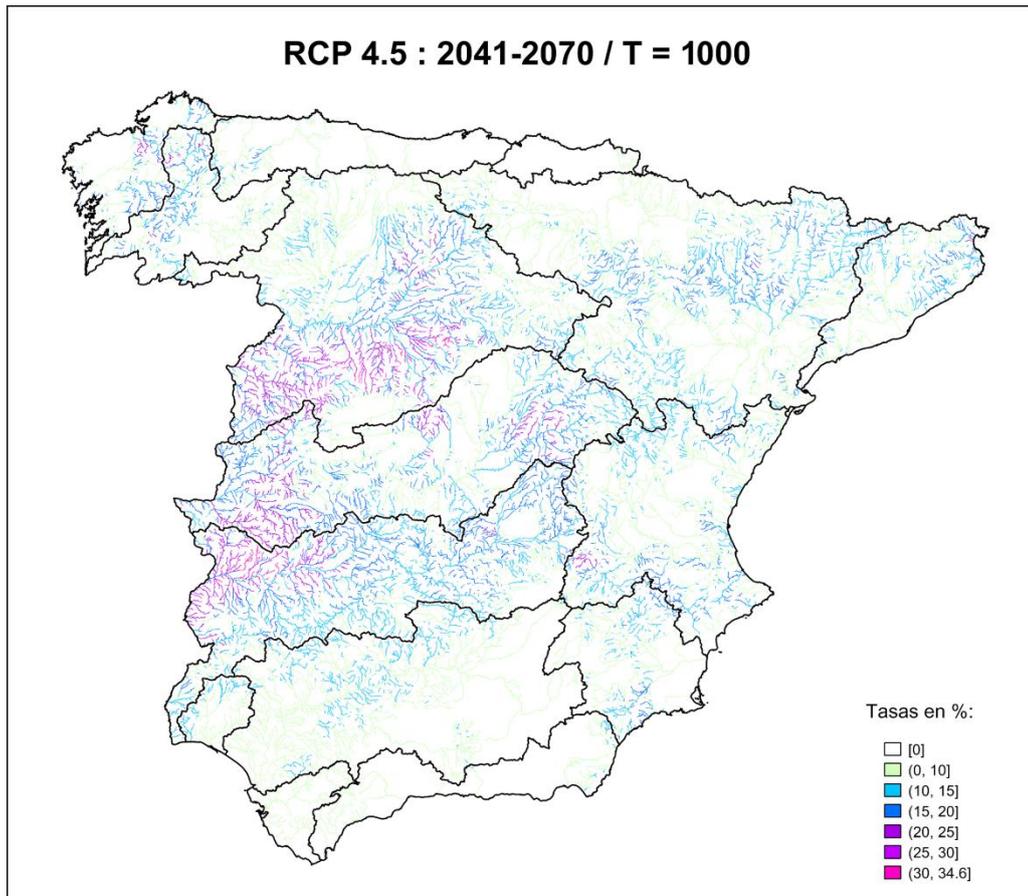


Figura 3.1. Tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada en la Península para el periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes) para RCP 4.5 y el periodo de retorno adicional de 1000 años.

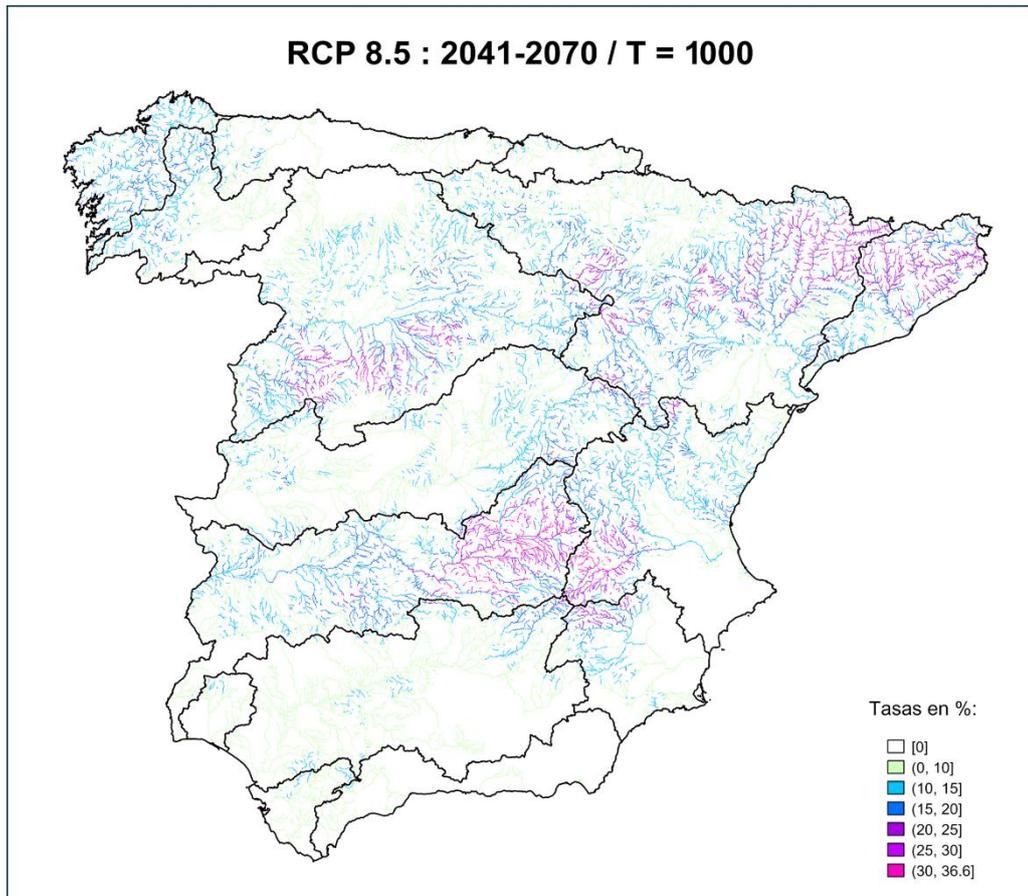


Figura 3.2. Tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada en la Península para el periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes) para RCP 8.5 y el periodo de retorno adicional de 1000 años.

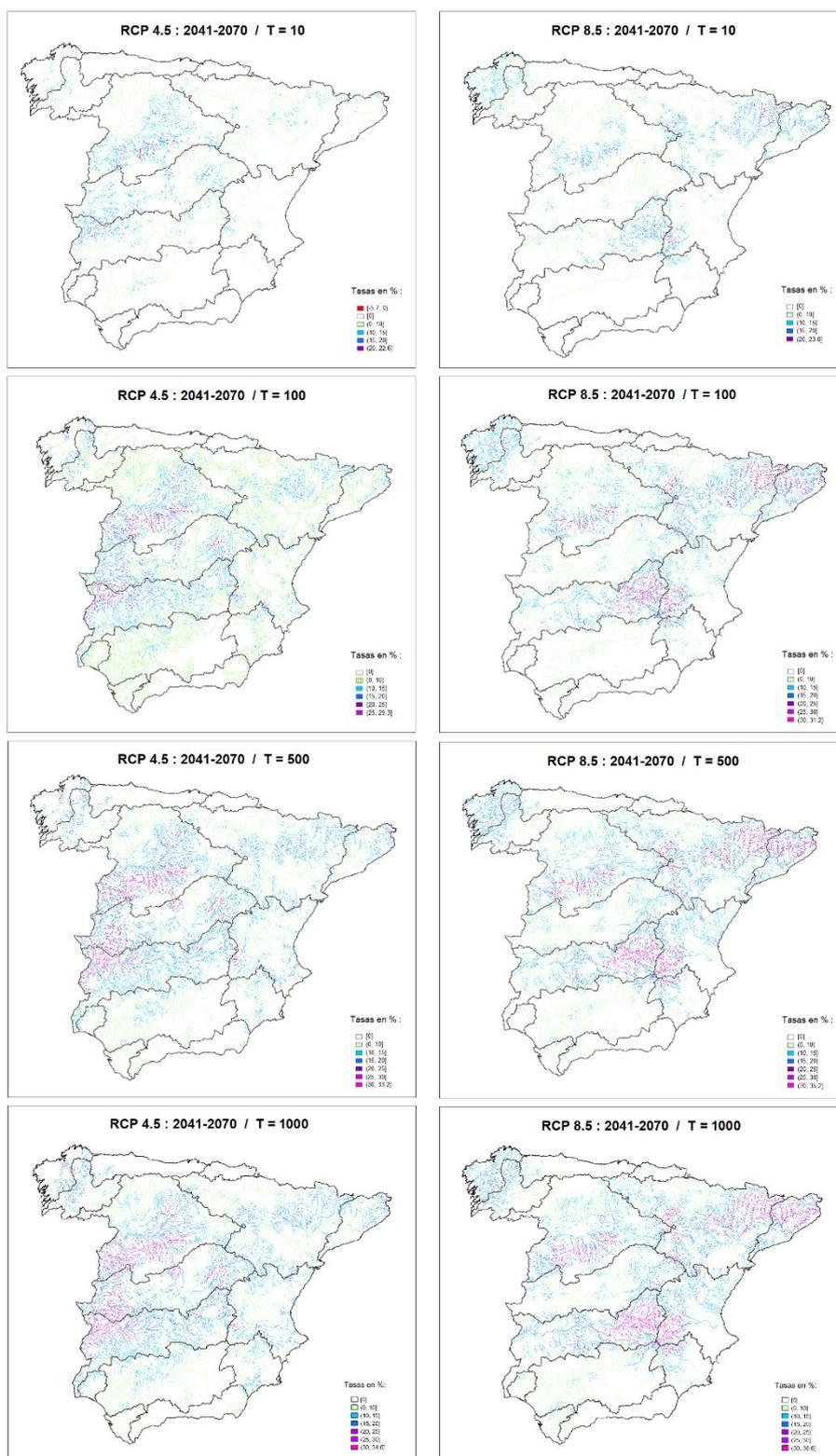


Figura 3.3. Comparación de las tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada en la Península para el periodo de impacto 2041-2070 en relación al modelo SQRT-R (para $\alpha = 0.10$ considerando la mayoría de modelos climáticos comunes) para los dos escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5), para el periodo de retorno adicional de 1000 años y los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e. $T = 10, 100$ y 500 años).



4. CONCLUSIONES

Esta adenda se ha llevado a cabo ante la necesidad de disponer de resultados adicionales sobre el impacto del cambio climático para periodos de retorno más elevados a los utilizados en el informe técnico "Impacto del cambio climático en las precipitaciones máximas en España", con motivo de su aplicación en el contexto de la evaluación de la seguridad hidrológica de las presas, ya que las *Normas Técnicas de Seguridad para las Presas y sus Embalses*, aprobadas el 13 de abril de 2021 por el Real Decreto 264/2021, establecen la necesidad de considerar el impacto del cambio climático.

La adenda incorpora la estimación de las tasas de cambio en cuantil asociadas al modelo SQRT-R para el periodo de retorno adicional de 1000 años, considerando tres periodos de impacto (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100) y dos escenarios de emisiones (RCP 4.5 y RCP 8.5), con el fin de proporcionar la información necesaria para el estudio del efecto del cambio climático, al menos, en lo relativo a la situación de proyecto; siendo el modelo SQRT-R el modelo estadístico recomendado por el informe técnico para la estimación de tasas de cambio en cuantil para el análisis del efecto del cambio climático en las precipitaciones máximas en España. Esto se ha llevado a cabo para las variables precipitación diaria máxima anual y precipitación horaria máxima anual (de forma análoga a lo presentado en el informe técnico para $T = 10, 100$ y 500 años), con el fin de proporcionar tanto mapas de tasas de cambio en cuantil para precipitación diaria máxima anual, como mapas de cambio relativo regional en el factor de torrencialidad para dicho periodo de retorno adicional. Asimismo, la presente actualización de la adenda incluye (con respecto a la versión publicada en diciembre de 2022) el análisis de los cambios en los cuantiles de precipitación diaria máxima anual acumulada en la red fluvial para el periodo de retorno adicional de 1000 años, para el periodo de impacto 2041-2070 y dos escenarios de emisiones (RCP 4.5 y RCP 8.5), con el fin de proporcionar mapas de tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada (de forma análoga a lo presentado en el informe técnico para $T = 10, 100$ y 500 años).

Los resultados obtenidos para el periodo de retorno adicional de 1000 años, se han contrastado con los resultados asociados a los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años), lo que ha permitido corroborar las conclusiones obtenidas en dicho informe. Asimismo, el análisis de los resultados para el periodo de retorno adicional ha permitido establecer que el aumento según se incrementa el periodo de retorno del porcentaje de celdas con cambios en cuantil significativos y de la magnitud de las tasas de cambio en cuantil medias significativas para precipitación diaria y horaria máxima anual, así como de la magnitud del cambio relativo regional en el factor de torrencialidad, es menos marcado para periodos de retorno más elevados. Estos resultados apuntan a una cierta convergencia en la localización y magnitud de las tasas de cambio en cuantil medias significativas y del cambio relativo regional en el factor de torrencialidad para muy altos periodos de retorno, poniendo de manifiesto la robustez de la estimación de tasas de cambio en cuantil mediante el modelo SQRT-R. Los resultados obtenidos con respecto al análisis de los cambios en los cuantiles de precipitación diaria máxima anual acumulada en la red fluvial apoyan esta conclusión, al observarse también una cierta convergencia en la localización y magnitud de las tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada para muy altos periodos de retorno.



Asimismo, se destaca que la evaluación de la significancia estadística de los cambios en cuantil para el periodo de retorno adicional, llevada a cabo en base al uso de un conjunto de simulaciones diferente al empleado en el informe técnico no afecta a la coherencia de los resultados obtenidos para los diferentes periodos de retorno, lo que a su vez apoya la robustez del modelo SQRT-R.

Finalmente, se subraya la elevada incertidumbre asociada tanto a la estimación de cuantiles para (muy) altos periodos de retorno, como al análisis del efecto del cambio climático sobre ellos, por lo que los resultados presentados en esta adenda deben tomarse con cautela.



Anexo nº 1

Descripción de las capas proporcionadas en formato ASCII asociadas al modelo SQRT-R para el periodo de retorno adicional de 1000 años



CEDEX

Este **Anexo nº 1** incluye la descripción de las capas proporcionadas en formato ASCII asociadas al modelo SQRT-R para el periodo de retorno adicional de 1000 años:

- (i) Capas de tasas de cambio en cuantil medias, asociadas a los percentiles 10 y 90, así como medias significativas para la precipitación diaria máxima anual en formato ASCII (con ficheros asociados .prj y .xml). Estas capas se proporcionan, en base a los modelos climáticos comunes, para el modelo SQRT-R para $\alpha = 0.10$ en la Península y Baleares. Las capas están disponibles para las combinaciones escenario – periodo de impacto: "RCP 4.5: 2011-2040", "RCP 4.5: 2041-2070", "RCP 4.5: 2071-2100", "RCP 8.5: 2011-2040", "RCP 8.5: 2041-2070" y "RCP 8.5: 2071-2100", para el periodo de retorno adicional de 1000 años. El tamaño de celda es de 0.125° ("GCS_WGS_1984"). Se recuerda que las capas asociadas a los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años) se describen de forma análoga en el **Anexo nº 8 de dicho informe**.

1) *Estructura de carpetas:*

▪ **Modelo estadístico: "SQRT_R"** (ajuste regional de la distribución SQRT- ET_{max}):

- **meanrelc:** tasas de cambio en cuantil medias para el modelo SQRT-R (6 ficheros ASCII).
- **meanrelc_sig0.10_M4500:** tasas de cambio en cuantil medias significativas para $\alpha = 0.10$ para el modelo SQRT-R (6 ficheros ASCII).
- **percentil_10_relc:** tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 10 para el modelo SQRT-R (6 ficheros ASCII).
- **percentil_90_relc:** tasas de cambio en cuantil asociadas al percentil 90 para el modelo SQRT-R (6 ficheros ASCII).

2) *Nomenclatura de ficheros ASCII:*

- Modelo estadístico: "sr" (SQRT-R).
- Escenario: "45" (RCP 4.5) o "85" (RCP 8.5).
- Periodo de impacto: "2020" (2011-2040), "2050" (2041-2070) o "2080" (2071-2100).
- Periodo de retorno: "1_3" (donde "x_y" indica que a la derecha de "x" hay "y" ceros; i.e., "1_3" hace referencia a "1000" años).
- Tipo de fichero: "a ... i" (tasas de cambio medias, asociadas al percentil 10 o 90), "a ..." (tasas de cambio medias significativas).

- Ejemplos de nomenclatura de ficheros ASCII:
 - **meanrelc:**
 - e.g., "asr8520801_3i": tasas de cambio medias para el modelo SQRT-R en el escenario RCP 8.5 y periodo de impacto 2071-2100 para $T = 1000$ años en la Península y Baleares.
 - **meanrelc_sig0.10_M4500:**
 - e.g., "asr8520801_3": tasas de cambio medias significativas para $\alpha = 0.10$ para el modelo SQRT-R en el escenario RCP 8.5 y periodo de impacto 2071-2100 para $T = 1000$ años en la Península y Baleares.
 - **percentil_10_relc:**
 - e.g., "asr8520801_3i": tasas de cambio asociadas al percentil 10 para el modelo SQRT-R en el escenario RCP 8.5 y periodo de impacto 2071-2100 para $T = 1000$ años en la Península y Baleares.
 - **percentil_90_relc:**
 - e.g., "asr8520801_3i": tasas de cambio asociadas al percentil 90 para el modelo SQRT-R en el escenario RCP 8.5 y periodo de impacto 2071-2100 para $T = 1000$ años en la Península y Baleares.

- (ii) Capas de tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada en formato ASCII (con ficheros asociados .prj y .xml). Estas capas están asociadas con el modelo SQRT-R para $\alpha = 0.10$ y se proporcionan para la Península en relación al periodo de impacto 2041-2070 para cada uno de los dos escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) para el periodo de retorno adicional de 1000 años. El tamaño de celda es de 0.5 km ("ETRS_1989_UTM_Zone_30N"). Se recuerda que las capas asociadas a los periodos de retorno empleados en el informe técnico (i.e., $T = 10, 100$ y 500 años) se describen de forma análoga en el [Anexo nº 8 de dicho informe](#).
 - 1) *Estructura de carpetas:* "**Capas_PreAcu**" (2 ficheros ASCII).
 - 2) *Nomenclatura:*
 - Tipo de fichero: "adpa...pc...f" (tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada).
 - Periodo de retorno: "1_3" (donde "x_y" indica que a la derecha de "x" hay "y" ceros; i.e., "1_3" hace referencia a "1000" años).
 - Escenario: "45" (RCP 4.5) o "85" (RCP 8.5).



- Nomenclatura de ficheros ASCII: "adpa1_3pc45f" y "adpa1_3pc85f":
 - "adpa1_3pc45f": tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada para $\alpha = 0.10$ para el modelo SQRT-R en el escenario RCP 4.5 y periodo de impacto 2041-2070 para $T = 1000$ años en la Península.
 - "adpa1_3pc85f": tasas de cambio en cuantil de precipitación diaria máxima anual acumulada para $\alpha = 0.10$ para el modelo SQRT-R en el escenario RCP 8.5 y periodo de impacto 2041-2070 para $T = 1000$ años en la Península.