

INFORME FINAL

CAMBIOS EN LAS CONDICIONES DE INUNDABILIDAD EN GIPUZKOA POR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Noviembre de 2018



Gipuzkoako
Foru Aldundia
Diputación Foral
de Gipuzkoa

IDOM

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	METODOLOGÍA	3
3.	MODELO DE SIMULACIÓN HIDROLÓGICA TETIS.....	3
4.	MODELO HIDRÁULICO HEC-RAS.....	9
5.	ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	10
6.	ANÁLISIS DE LOS CAUDALES SIMULADOS DE LOS MODELOS TETIS	26
6.1.	Cuenca Río Deba.....	26
6.1.1.	análisis de los valores extremales de caudal	28
6.2.	Cuenca Río Oria	34
6.2.1.	Análisis de los valores extremales de caudal	36
6.3.	Cuenca Río Urola.....	42
6.3.1.	Análisis de los valores extremales de caudal	43
6.4.	Cuenca Río Urumea	48
6.4.1.	Análisis de los valores extremales de caudal	49
6.5.	Cuenca Río Oiartzun.....	53
6.5.1.	Análisis de los valores extremales de caudal	54
7.	MODELOS HIDRÁULICOS	58

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se ha realizado con el objetivo principal de avanzar en la identificación del impacto del cambio climático en las condiciones de inundabilidad en el Territorio Histórico de Gipuzkoa.

Este documento forma parte de una primera fase de estudio cuyo objeto es realizar un primer análisis de cambios en la hidrología asociados al cambio climático en varios escenarios, para el período 2071-2100, lo cual permitirá en un estudio posterior desarrollar mapas de inundación potencial en escenarios de cambio climático. Resulta importante destacar, que el riesgo futuro podrá aumentar no sólo por el propio cambio climático, sino también por los efectos derivados de cambios de usos del suelo, de la cobertura vegetal, del aumento de la vulnerabilidad, etc.

Adicionalmente se muestra el análisis hidráulico de un tramo de cauce en cada uno de los ríos analizados, estos tramos se han seleccionado por la combinación de las condiciones de aumento de caudal debido al cambio climático y su afección actual o situación de riesgo en sus márgenes.

Este estudio se ha apoyado en el gran esfuerzo realizado por diferentes administraciones de la CAPV para mejorar el conocimiento hidrológico del territorio, prueba de ello son entre otros, el **Estudio de Caudales Extremos de Avenida en la CAPV** llevado a cabo por la Agencia Vasca del Agua (URA), siendo la principal fuente de información del presente análisis; el **Estudio de Actualización del Análisis de las Precipitaciones Intensas y Recomendaciones de Cálculo de Caudales de Avenida en pequeñas cuencas del Territorio Histórico de Gipuzkoa**, recientemente publicado por la Diputación Foral de Gipuzkoa; o la **Elaboración de Escenarios Regionales de Cambio Climático de Alta Resolución para el País Vasco** llevado a cabo por el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda.

La principal información de partida, proporcionada por la Agencia Vasca del Agua (URA), ha sido la siguiente:

- Modelos hidrológicos TETIS para las cuencas de los ríos Deba, Oiartzun, Oria, Urola y Urumea.

A este respecto, tanto los modelos hidrológicos como los de generación de tormentas sintéticas empleados, reflejan el estado actual del conocimiento, por lo que serán actualizados en el futuro a medida que se desarrollen nuevas metodologías de análisis.

De la misma manera, los modelos serán actualizados en cuanto se disponga de nuevos datos observados, nuevos escenarios de emisiones, etc.

- Modelos hidráulicos HEC-RAS para las cuencas de los ríos Bidasoa, Deba, Oiartzun, Oria, Urola y Urumea.

2. METODOLOGÍA

El análisis del cambio en las condiciones de inundabilidad en las cuencas objeto de estudio debido a los efectos de cambio climático, se ha realizado tomando como base la información proporcionada por la Agencia Vasca del Agua (URA).

Para ello, en primer lugar se ha contado con los modelos hidrológicos TETIS de las cuencas de los ríos Deba, Urola, Oria, Urumea y Oiartzun en el escenario de clima actual y en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

En el caso de la cuenca del río Jaizubia, no ha sido posible su análisis con la metodología planteada debido a que no existe el correspondiente modelo hidrológico TETIS. No obstante, se han analizado las tendencias de las variables *precipitación máxima diaria*, *evapotranspiración de referencia*, *temperatura* y *precipitación total de días húmedos* para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en el horizonte temporal 2071-2100 con base a las proyecciones obtenidas en el estudio de Escenarios Regionales de Cambio Climático de Alta Resolución sobre el País Vasco.

La cuenca del río Bidasoa se excluyó del análisis debido a que la reducida superficie perteneciente al Territorio Histórico de Gipuzkoa.

Los datos de entrada del modelo TETIS consisten en series estocásticas de datos horarios para una duración de 500 años referente a las variables de precipitación y evapotranspiración para el escenario de clima actual y los escenarios de cambio climático en las diferentes estaciones meteorológicas consideradas en cada cuenca. Además, se introducen los puntos de control de caudal en cada cuenca sobre los que obtener los resultados de la simulación.

Como resultado de los modelos TETIS, se obtiene para cada uno de los puntos de control establecidos en la cuenca, una serie de caudales de frecuencia horaria para una duración de 500 años.

Sobre esta información, se ha procedido a obtener los caudales máximos anuales en cada uno de los puntos de control y en los escenarios de clima actual y de cambio climático con objeto de realizar un ajuste estadístico que permita obtener los caudales extremales para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años.

El análisis de los valores de caudal extremales obtenidos es el que permite establecer la variación de los mismos en los distintos escenarios considerados y detectar así el cambio de condiciones de inundabilidad.

A continuación, se ha procedido a la priorización de un tramo en cada una de las cuencas para su modelización hidráulica mediante los modelos HEC-RAS también proporcionados por la URA. Para ello, con el objetivo de seleccionar las zonas que presentan un mayor riesgo para la población, se ha procedido a cruzar los resultados en términos porcentuales de variación de caudal en los puntos de control en los dos escenarios de cambio climático considerados, con las zonas de riesgo para la población por una inundación de 100 años de periodo de retorno publicadas por la URA.

Así, las zonas priorizadas han resultado aquellas que presentaban un mayor aumento de caudal en las zonas consideradas en riesgo para la inundación de 100 años de periodo de retorno.

3. MODELO DE SIMULACIÓN HIDROLÓGICA TETIS

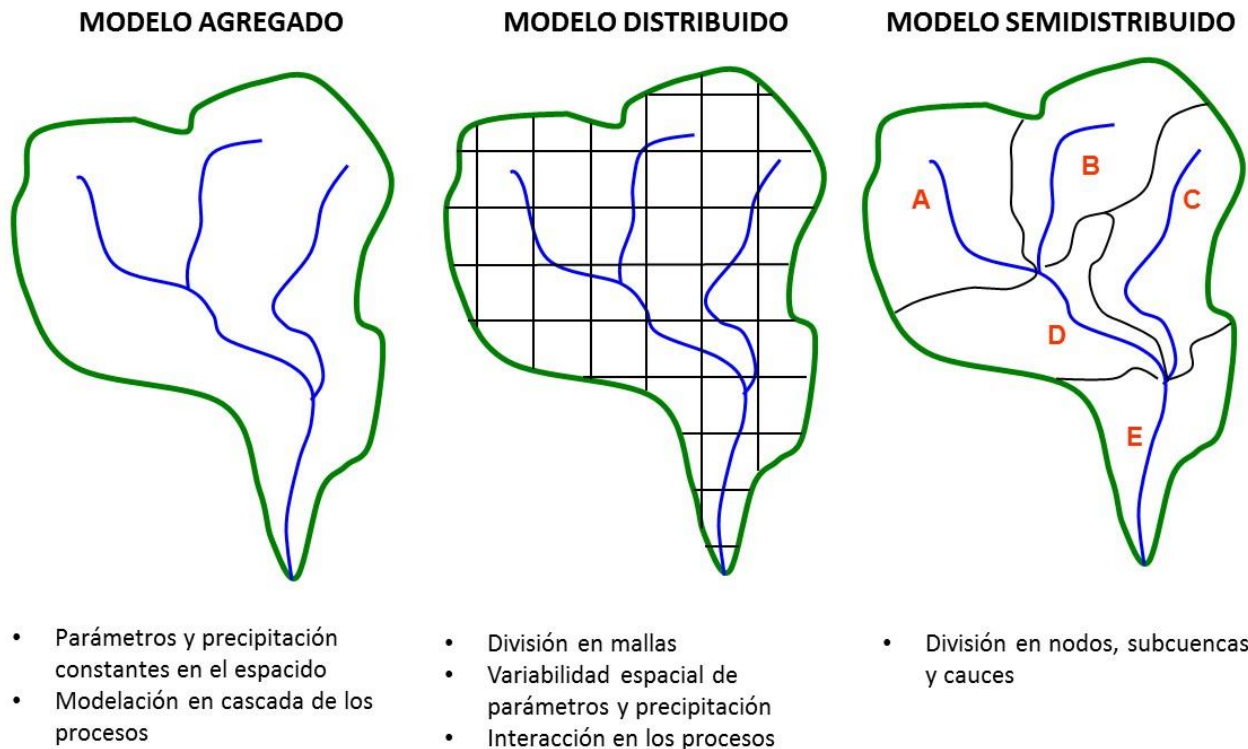
El Modelo TETIS es un **modelo de simulación hidrológica de tipo distribuido** en el espacio mediante una subdivisión de la cuenca en celdas regulares, con parámetros físicamente basados. El modelo ha sido desarrollado por el Grupo de Investigación en Modelación Hidrológica y Ambiental Distribuida de la Universidad Politécnica de Valencia.

Las **ventajas que presenta la modelación distribuida** con respecto a la tradicional modelación agregada y semidistribuida son fundamentalmente las siguientes:

- una **mejor representación de la variabilidad espacial de los fenómenos involucrados dentro del Ciclo Hidrológico**, a través de sus inputs y parámetros;

- la **obtención de resultados en cualquier punto de la cuenca**, sin prefijarlos a priori y sin necesidad de metodologías de interpolación;
- la **explotación de la información espacial** cada día más abundante gracias al desarrollo que en los últimos años han tenido la cartografía digital, los sistemas de información geográfica y las mediciones con sensores remotos.

Figura 1 Tipos de modelos según agregación



Fuente: Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica TETIS (Universidad Politécnica de Valencia / IIAMA)

Los **procesos físicos considerados** en el modelo son los que se muestran a continuación en el siguiente esquema:

PROCESOS FÍSICOS CONSIDERADOS POR EL MODELO TETIS	
• Intercepción	• Percolación
• Detención	• Recarga del acuífero
• Infiltración	• Escorrentía directa
• Evapotranspiración	• Interflujo
• Fusión de nieve	• Flujo base

- **Intercepción.** Es la parte de la precipitación que es interceptada por objetos superficiales como la cubierta vegetal o los tejados.
- **Detención.** También denominado almacenamiento en depresión, depende de la forma del terreno y de los usos del suelo. El agua retenida no es capaz de salir como escorrentía superficial, por lo tanto se debe evaporar o infiltrar en el suelo.

- Infiltración. Proceso de entrada de agua al suelo a través de la superficie del suelo. Este fenómeno es el más importante en un evento de crecida ya que el agua no infiltrada es escorrentía directa, que habitualmente supone el mayor porcentaje de la escorrentía superficial.
- Evapotranspiración. Proceso mediante el cual el agua pasa de un estado líquido o sólido a un estado gaseoso a través de la transferencia de energía calorífica. Para el estudio de los eventos de crecida puede despreciarse debido al corto lapso de tiempo en el cual se desarrollan estos.
- Fusión de nieve. Proceso por el cual se obtiene la cantidad de agua líquida producida por el derretimiento de la nieve que está acumulada en la superficie.
- Percolación. Es el movimiento del agua infiltrada a través del perfil del suelo.
- Recarga del acuífero. Proceso mediante el cual el agua ingresa al almacenamiento subterráneo del acuífero.
- Escorrentía directa. Es la porción de lluvia que no es interceptada, detenida, evaporada o percolada y que fluye sobre las laderas.
- Interflujo. También denominado flujo subsuperficial. Es el agua que ha sido previamente infiltrada y no alcanza el almacenamiento subterráneo o acuífero, por lo tanto debe ser considerada en la escorrentía superficial.
- Flujo base. Es la porción de agua derivada del almacenamiento subterráneo o de otras aguas que se han retrasado en el tiempo y finalmente alcanzan el cauce.

Las **variables** que en el modelo TETIS se interpolan espacialmente son la precipitación, nieve, temperatura y evapotranspiración potencial.

Precipitación

Para la consideración de la variable precipitación se suele contar con una densidad de puntos de medición (pluviógrafos) suficiente como para que el método de inverso de la distancia al cuadrado sea adecuado.

Nieve: altura equivalente de agua inicial

La variable de estado que representa la altura de agua equivalente del paquete de nieve en cada celda necesita ser inicializada. La información suministrada de nieve corresponde a la altura equivalente de agua en algunas estaciones nivométricas o en puntos donde es posible obtener este valor. Con base en esta información se debe obtener la altura equivalente de agua en toda la zona cubierta con nieve para el instante de inicio de la simulación hidrológica.

Dada su importancia, el modelo TETIS requiere de un mapa con el contorno de nieve en formato tipo ráster, el cual puede ser obtenido de forma manual, automática o por sistemas remotos. Internamente el programa identifica las zonas que pertenecen a la cuenca en estudio y selecciona las celdas que contienen nieve.

Temperatura

La estimación de la temperatura en cada una de las celdas se realiza en función de la altura sobre el nivel mar empleando un gradiente térmico que, según Marco (1981), se encuentra entre 5 – 8°C por cada mil metros de elevación, con un valor medio reportado en la literatura de 6.5 °C/1000m. Dunn y Colohan (1999) emplean un valor de 6 °C/100m para un estudio realizado en Escocia.

Evapotranspiración potencial, ETP

Los factores que afectan a la ETP son tan variados y normalmente la densidad de puntos de medición es tan baja, que en este caso se utiliza el método de inverso distancia al cuadrado sin corrección con la altura.

En los modelos considerados en el presente estudio, las variables de entrada consideradas han sido las de precipitación y evapotranspiración.

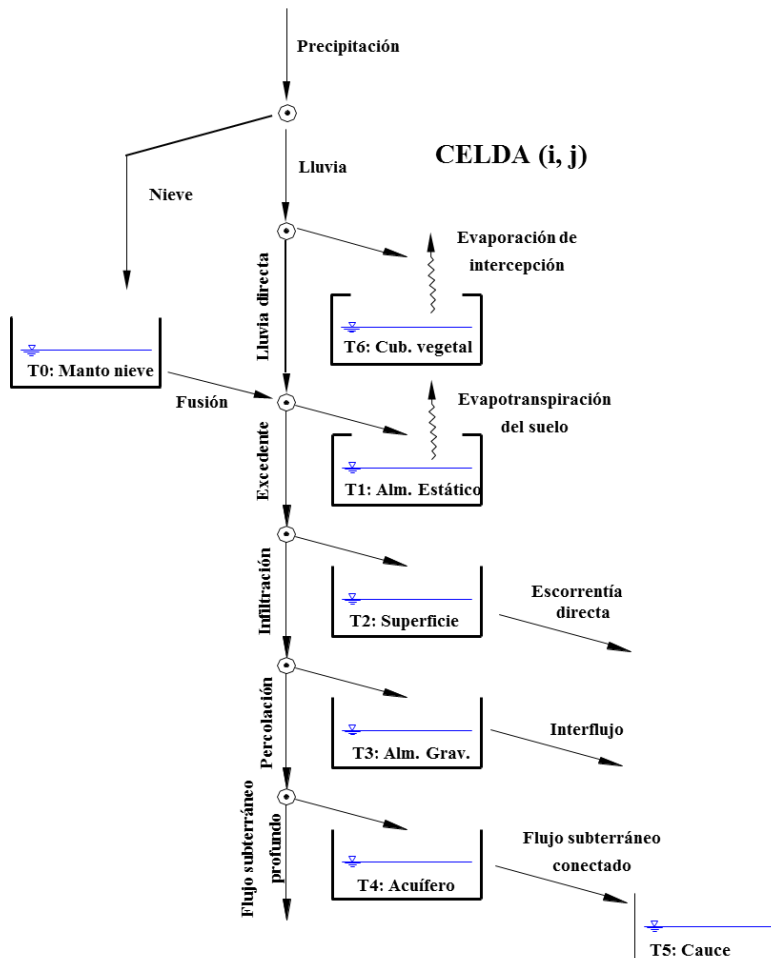
La **representación de la producción de escorrentía** se realiza mediante esquemas conceptuales simples adaptados a la escala de la celda y al intervalo de tiempo que se considera en la modelación de eventos (entre 1 hora y 10 minutos).

La producción de escorrentía en el modelo TETIS se basa en la realización de un balance hídrico en cada celda, asumiendo que el agua se distribuye en seis niveles o tanques de almacenamiento conceptuales y conectados entre sí (más un séptimo de cauces cuando haya celda), tal y como se muestra en el esquema de la Figura 2. A su vez, estos 7 tanques dan lugar a 7 almacenamientos y 7 flujos de salida de tanque.

Los **tanques considerados** son:

- T0 Manto de nieve
- T1 Estático (Charcos + Agua capilar del suelo superior)
- T2 Superficie de la ladera
- T3 Gravitacional del suelo superior
- T4 Acuífero
- T5 Cauce
- T6 Intercepción cubierta vegetal

Figura 2 Esquema conceptual de tanques a nivel de celda modelo TETIS

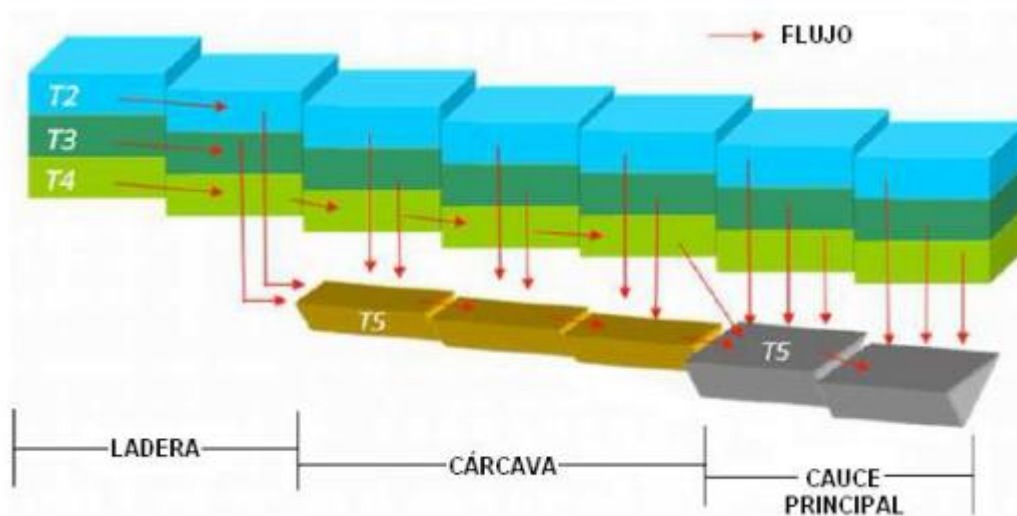


Fuente: Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica TETIS (Universidad Politécnica de Valencia / IIAMA)

El flujo entre tanques es función del agua almacenada en ellos, por lo que las variables de estado son los volúmenes almacenados en cada uno de los tanques. La función que relaciona el flujo con estas variables de estado es función del esquema conceptual adoptado, del tipo de tanque y de las características morfológicas de la celda e hidrológicas del suelo en la misma.

En realidad, la conceptualización del modelo TETIS es una malla interconectada en tres dimensiones como se puede observar en la Figura 3. Los tres tanques inferiores de acuerdo al esquema drenan hacia el correspondiente tanque aguas abajo, siguiendo las direcciones del flujo propuestas por el Modelo Digital del Terreno, hasta alcanzar la red de drenaje constituida por cárcavas y cauces.

Figura 3 Movimiento horizontal propuesto por el modelo TETIS (simplificación 2D)

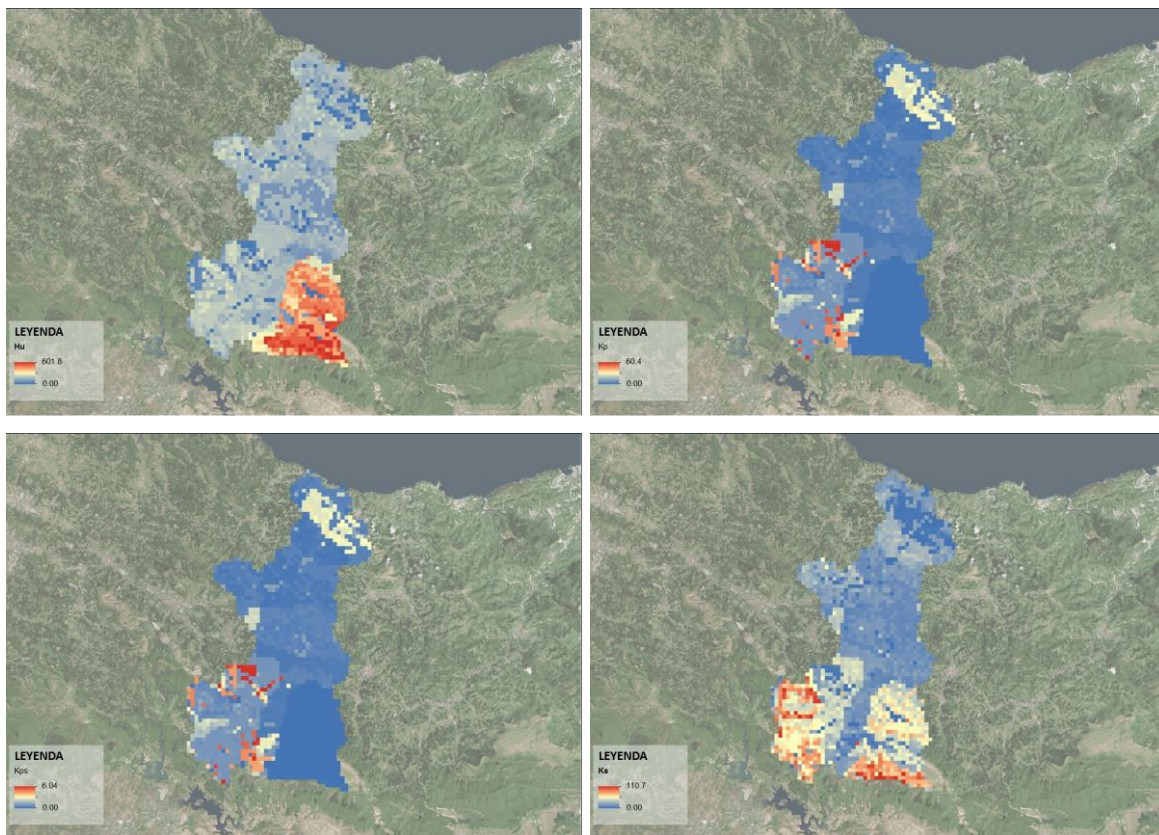


Fuente: Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica TETIS (Universidad Politécnica de Valencia / IIAMA)

Finalmente, el modelo considera una serie de **parámetros para la caracterización de los almacenamientos y de los flujos.**

Para ello, con base a la información ambiental disponible, en primer lugar, se obtiene el valor estimado de los diferentes parámetros en cada celda mediante la obtención de mapas.

Figura 4 Mapas de parámetros H_u , K_p , K_{ps} y K_s modelo TETIS. Cuenca río Deba.



Fuente: Elaboración propia / URA

Posteriormente, mediante los factores de corrección se procede a corregir los efectos de escala espacial y/o temporal, así como los errores del modelo, inputs e información ambiental.

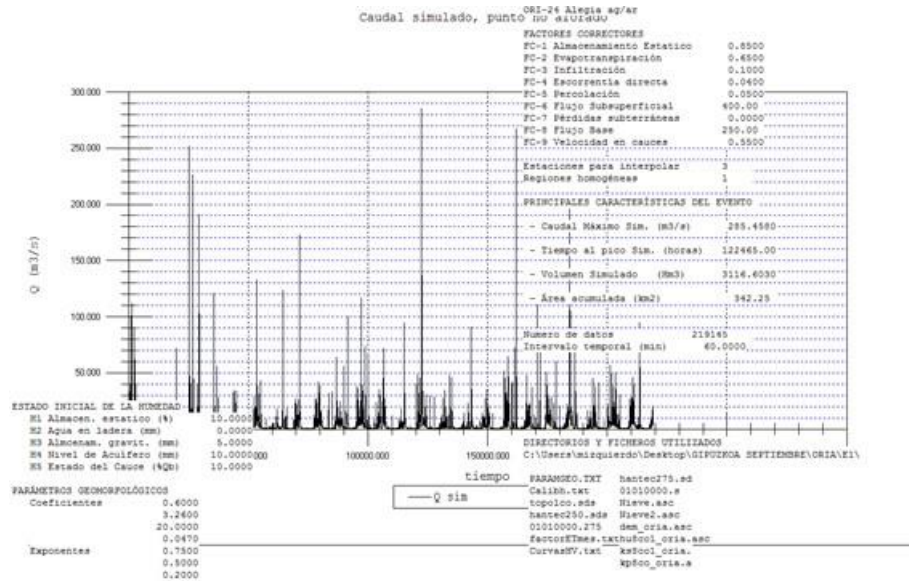
En el caso de la existencia de episodios registrados se realiza la calibración de los factores de corrección para la consideración del error en los caudales observados.

Los **factores de corrección** considerados en el modelo

- Almacenamiento estático máximo: $C_1 H_u$
- Infiltración (tasa cte.): $C_2 K_s$
- Factor de vegetación de la ETP: $C_3 \lambda_v$
- Escorrentía directa (embalse lineal): $C_4 v$
- Percolación (tasa cte.): $C_5 K_p$
- Interflujo (embalse lineal): $C_6 K_s$
- Flujo subterráneo profundo (tasa cte.): $C_7 0,1 K_{sa}$
- Flujo subterráneo conectado (embalse lineal): $C_8 K_{sa}$

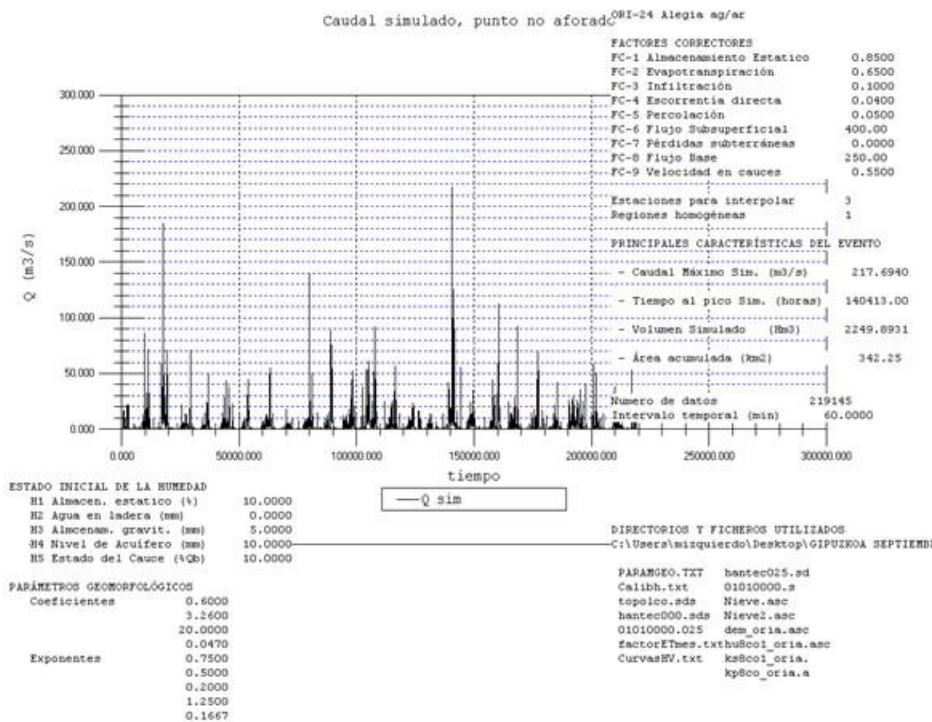
A modo representativo, a continuación se muestran los resultados de caudales obtenidos del modelo para el punto de control ORI 24 de la cuenca del río Oria en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 (años 275-300) y en el escenario RCP 8.5 (años 150-175).

Figura 5 Caudal simulado punto de control ORI 24 periodo años 275-300. Escenario RCP 4.5



Fuente: Modelos Tetis URA

Figura 6 Caudal simulado punto de control ORI 24 periodo años 25-50. Escenario RCP 8.5



Fuente: Modelos Tetis URA

4. MODELO HIDRÁULICO HEC-RAS

HEC-RAS es un programa de simulación hidráulica unidimensional y bidimensional desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (USACE United States Army Corps of Engineers).

El objetivo del programa es el de modelizar el comportamiento de un flujo de agua en cauces naturales o en canales artificiales, permitiendo así obtener los valores que alcanzan las variables hidráulicas de calado, caudal o velocidad. De esta forma, el modelo permite saber si un caudal desborda o no de un cauce y por tanto determinar las zonas inundables

Los modelos HEC-RAS proporcionados por la URA para las cuencas objeto de estudio son modelos hidráulicos unidimensionales.

Así, en los modelos unidimensionales se asume que una de las dimensiones prevalece sobre las otras dos. Esta dimensión es la longitudinal a lo largo del eje del río o canal.

La información topográfica e hidráulica se introduce mediante secciones transversales, en las cuales se calcula el al calado y la velocidad promedios en toda la sección transversal. Así mismo, **se asume que la dirección del flujo es perpendicular a la sección transversal**. Es decir, **toda la sección es representada por un único valor medio de velocidad**, de forma que no se consideran variaciones en la distribución de velocidades tanto horizontal como verticalmente.

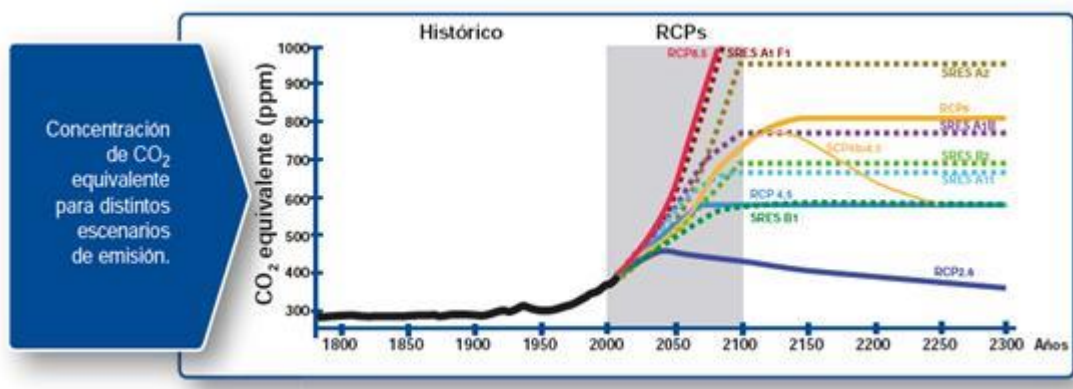
El modelo HEC-RAS unidimensional utiliza el método de las diferencias finitas para la resolución de las ecuaciones de Saint-Venant unidimensionales para flujo permanente y no permanente.

5. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Para la obtención de resultados por el efecto del cambio climático se han considerado dos escenarios de emisión pertenecientes a las denominadas *Trayectorias de Concentración Representativas* (RCP por sus siglas en inglés) definidas en el Quinto Informe de Evaluación para el Cambio Climático del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2014). Estos escenarios se caracterizan por su forzamiento radiactivo total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5 W/m².

El Quinto Informe de Evaluación define 4 *trayectorias* que comprenden un escenario en el que los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de forzamiento muy bajo (escenario RCP 2.6), dos escenarios de estabilización (RCP 4.5 y RCP 6.0) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero *GEI* (RCP 8.5).

Figura 7 Concentración de CO₂ equivalente para los distintos escenarios de emisión



Fuente: Guía resumida del Quinto Informe de evaluación del IPCC

Así, con base a los modelos hidrológicos TETIS proporcionados por la URA, los datos de entrada empleados referentes a las variables de precipitación y evapotranspiración corresponden a series estocásticas obtenidas a partir de proyecciones de estas variables climáticas en los escenarios de emisión RCP 4.5 y RCP 8.5.

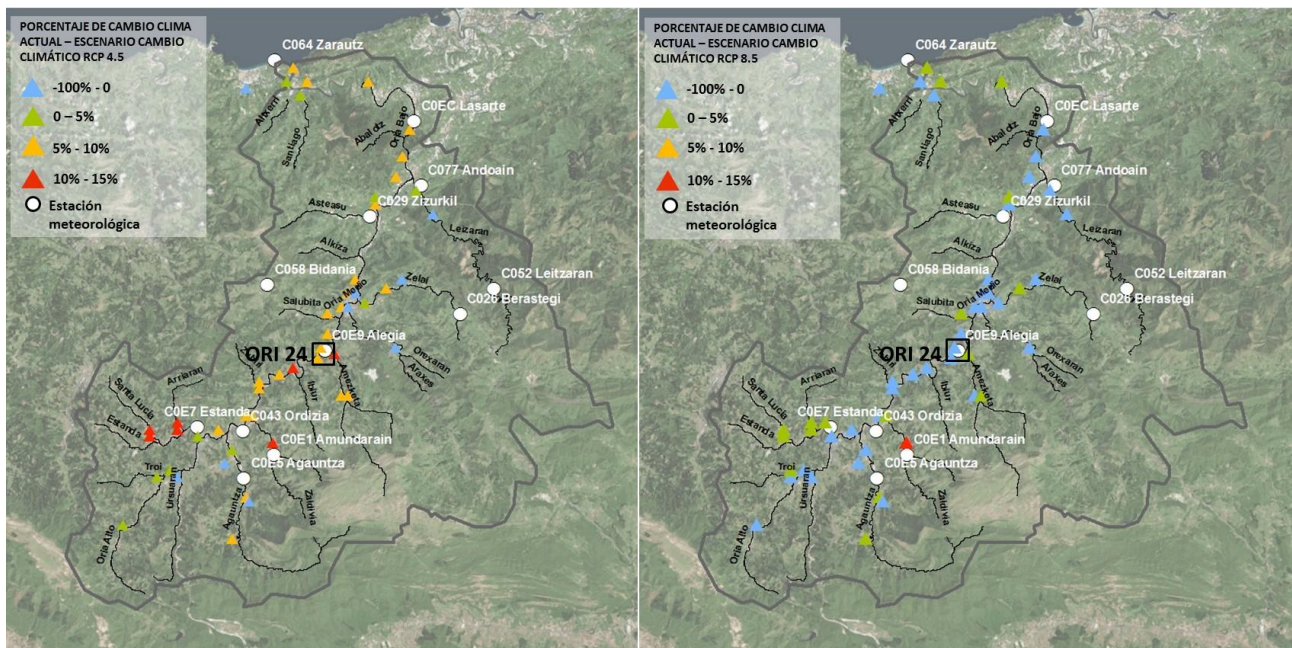
Con objeto de comparar los eventos y condiciones en los dos escenarios de cambio climático que generan los valores extremales de caudal asociados a los distintos periodos de retorno estudiados, a continuación,

se muestra de forma representativa el análisis de los datos de entrada empleados para la obtención de caudales en un punto de control.

Los datos de entrada del modelo de precipitación y evapotranspiración tienen una frecuencia horaria para las series sintéticas generadas de duración 500 años.

Para ello se han analizado los eventos de precipitación y las condiciones de evapotranspiración que dan lugar a los caudales extremales asociados a una recurrencia de 50 años en el punto de control de caudal ORI 24 perteneciente a la cuenca del río Oria, analizando para ello los datos de entrada en dos de las estaciones meteorológicas consideradas en el modelo COE1 Amundarain y COE9 Alegia

Figura 8 Variación porcentual de caudales en la cuenca del río Oria en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 (izquierda) y RCP 8.5 (derecha). Periodo de retorno 50 años



Fuente: Elaboración propia/URA

En primer lugar, se ha procedido a obtener los caudales extremales asociados al periodo de retorno de 50 años resultado del ajuste estadístico en el punto de control ORI 24, obteniendo unos valores de aproximadamente 250 m³/s y 220 m³/s en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente.

Así, en la serie de datos de entrada, se han ubicado temporalmente los eventos de precipitación que dan lugar a la obtención de los caudales extremales en el punto de control ORI 24 para el periodo de retorno de 50 años.

De esta forma, el valor y fecha en que se producen los caudales asociados al periodo de retorno de 50 años en el punto de control ORI 24 y en los dos escenarios de cambio climático son los que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 1 Valores extremales de caudal en el punto de control ORI 24. Periodo de retorno 50 años

ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO	CAUDAL EXTREMAL (m ³ /s)	FECHA
RCP 4.5	251.8	16 Noviembre Año 277
RCP 8.5	223	16 Junio Año 155

Fuente: Elaboración propia/URA

A este respecto, resulta preciso destacar como el caudal resultante en el punto de control en el escenario RCP 8.5 es inferior al del escenario RCP 4.5. Con objeto de analizar este hecho, a continuación, se muestran los eventos de precipitación asociados a los caudales extremales de 50 años de periodo de retorno en las estaciones C0E9 Alegia y COE1 Amundarain, localizadas en el punto de control y aguas arriba de este, respectivamente.

Referente al escenario de cambio climático RCP 4.5, el episodio de precipitación registrado en la estación C0E1 Amundarain que genera el valor extremal de caudal de 50 años de periodo de retorno en el punto de control ORI 24, presenta una intensidad máxima de 10.5 mm, lo cual corresponde a una intensidad de lluvia moderada (ver Figura 9).

Este valor se alcanza después de 3 días de lluvia durante los cuales se registran varias veces picos de intensidad en torno a 6-8 mm/h, lo que representa el estado de humedad antecedente del suelo correspondiente a la lluvia acumulada durante los días previos (ver Figura 10).

Además, el caudal máximo asociado a una recurrencia de 50 años, tiene lugar durante los meses en los que se registra la menor evapotranspiración, lo que favorece el incremento de la escorrentía.

Por otro lado, respecto al escenario de cambio climático RCP 8.5, la situación es diferente a la del escenario anterior. En este caso, el evento de precipitación registrado en la estación C0E1 Amundarain tiene una duración inferior a un día donde se alcanzan en dos ocasiones intensidades de 44.4 mm/h y 50.6 mm/h, lo cual corresponde a intensidades de lluvia muy fuertes (ver Figura 12).

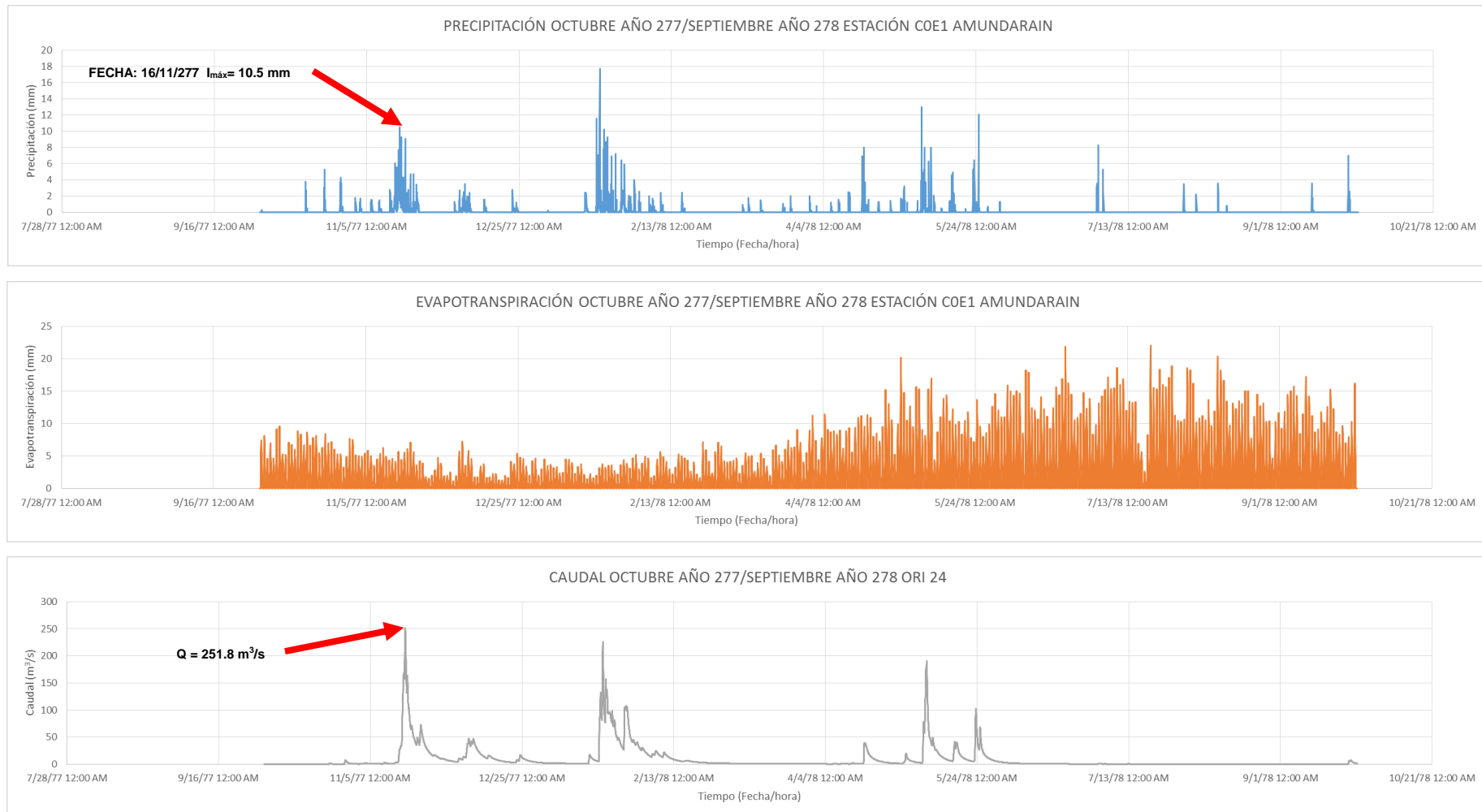
El estado de humedad antecedente del suelo es seco durante al menos los diez días anteriores al evento de precipitación, lo que favorece por tanto la capacidad de infiltración del suelo (ver Figura 13).

Finalmente, los niveles de evapotranspiración correspondientes al mes de junio durante el cual se produce el evento, son más altos que los registrados durante meses menos cálidos, por lo que junto al estado de humedad antecedente del suelo seco, favorece la capacidad de infiltración del suelo.

De esta forma, analizando los datos de las series de entrada del modelo se observa como, si bien la precipitación es más intensa en el escenario RCP 8.5 que en el RCP 4.5, la evapotranspiración es también mayor y el antecedente de humedad menor.

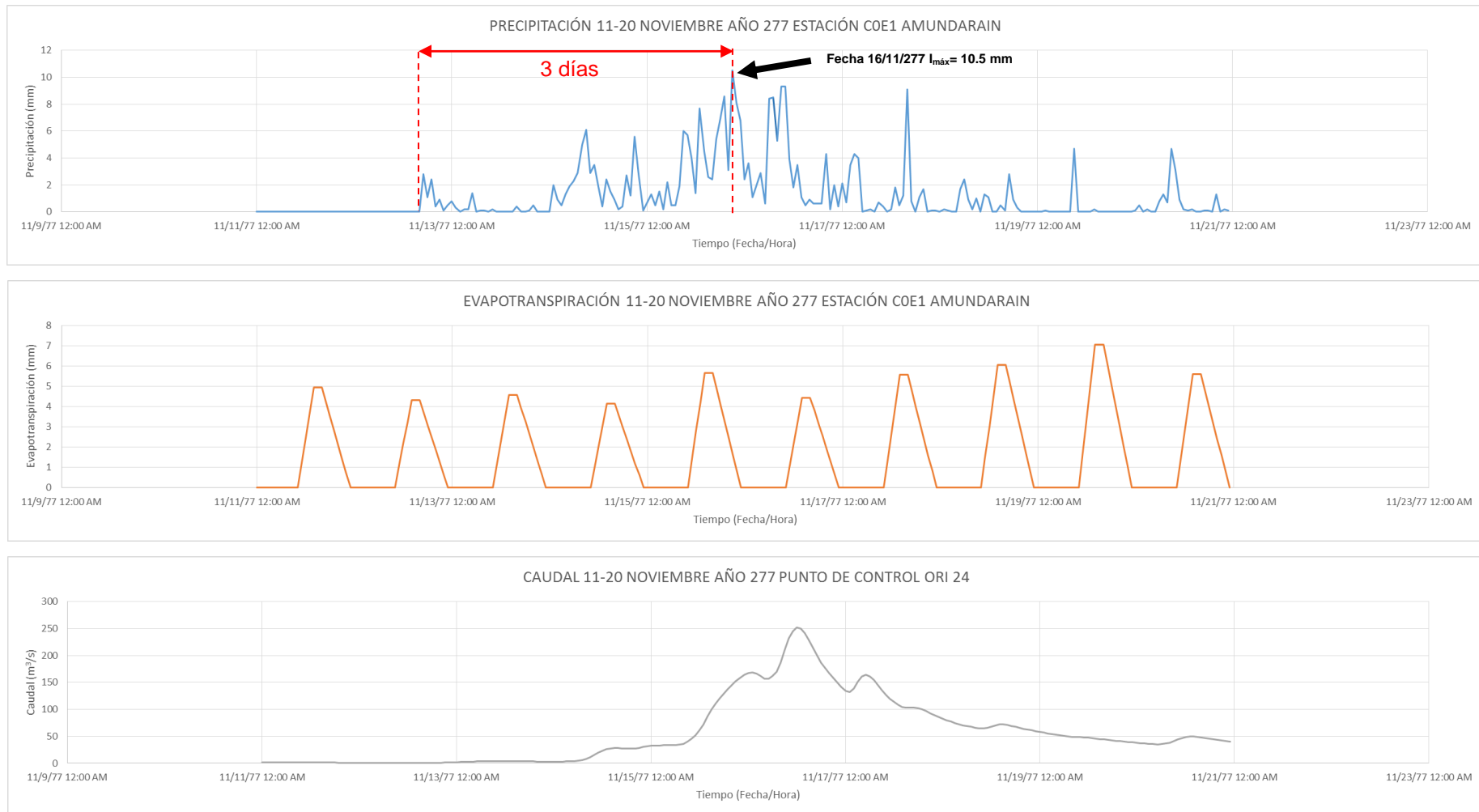
Esto es coherente con las proyecciones climáticas del Estudio *“Elaboración de escenarios regionales de cambio climático de alta resolución sobre el País Vasco”* donde se aprecia, en efecto, que las precipitaciones son más intensas en el escenario RCP 8.5 que en el RCP 4.5, sin embargo la temperatura es mayor, así como la evapotranspiración. Además en el escenario RCP 8.5 disminuye la precipitación total en el año y el número de días húmedos respecto al RCP 4.5, con lo que el antecedente de humedad es más bajo que en el RCP4.5.

Figura 9 Precipitación y evapotranspiración Octubre año 277-Septiembre año 278 en la estación Amundarain en el escenario de cambio climático RCP 4.5. Caudal simulado en el punto de control ORI 24 Octubre año 277-Septiembre año 278 en el escenario de cambio climático RCP 4.5.



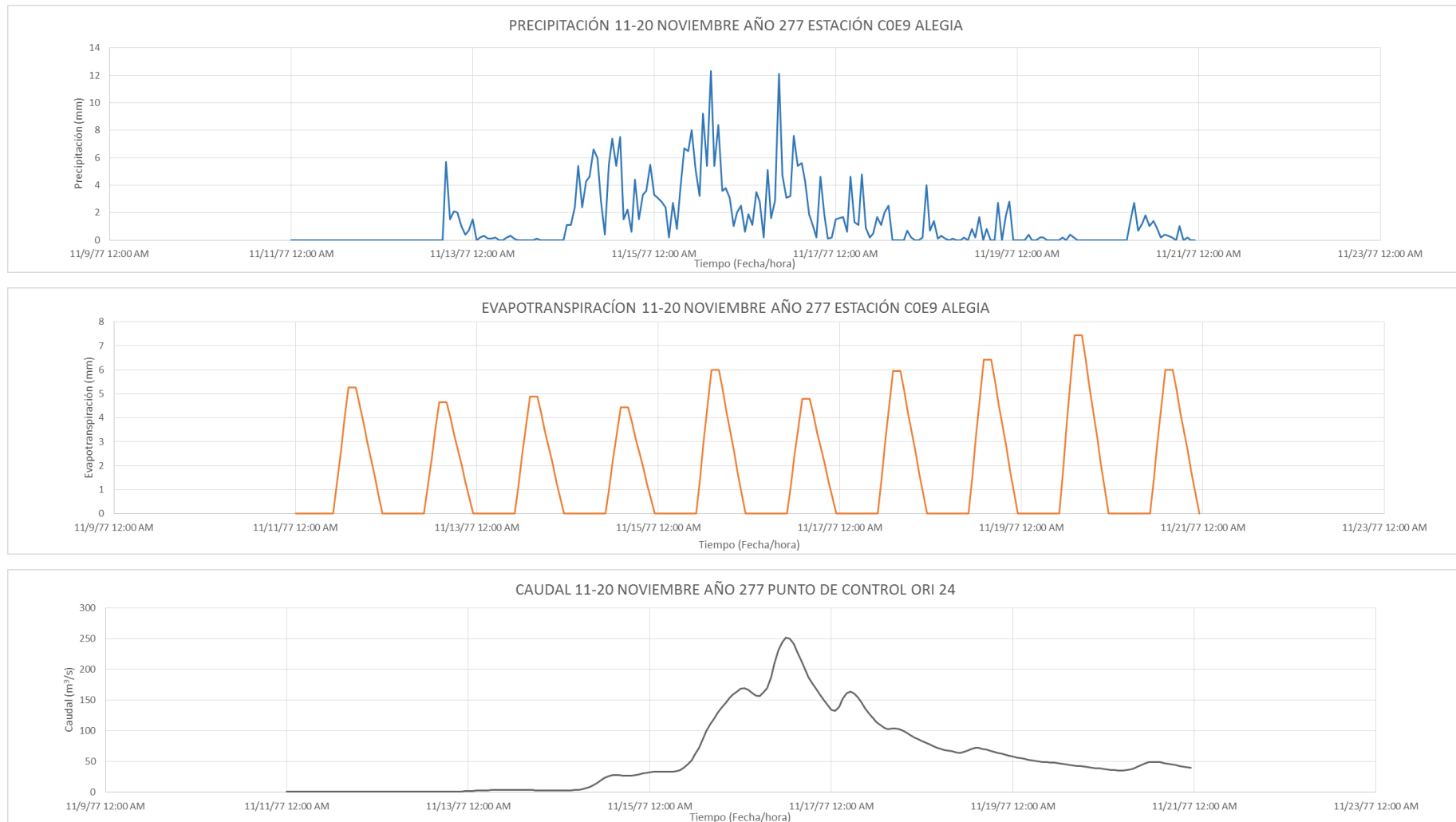
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 10 Precipitación y evapotranspiración 11-20 Noviembre año 277 en la estación Amundarain en el escenario de cambio climático RCP 4.5. Caudal simulado en el punto de control ORI 24 11-20 Noviembre año 277 en el escenario de cambio climático RCP 4.5.



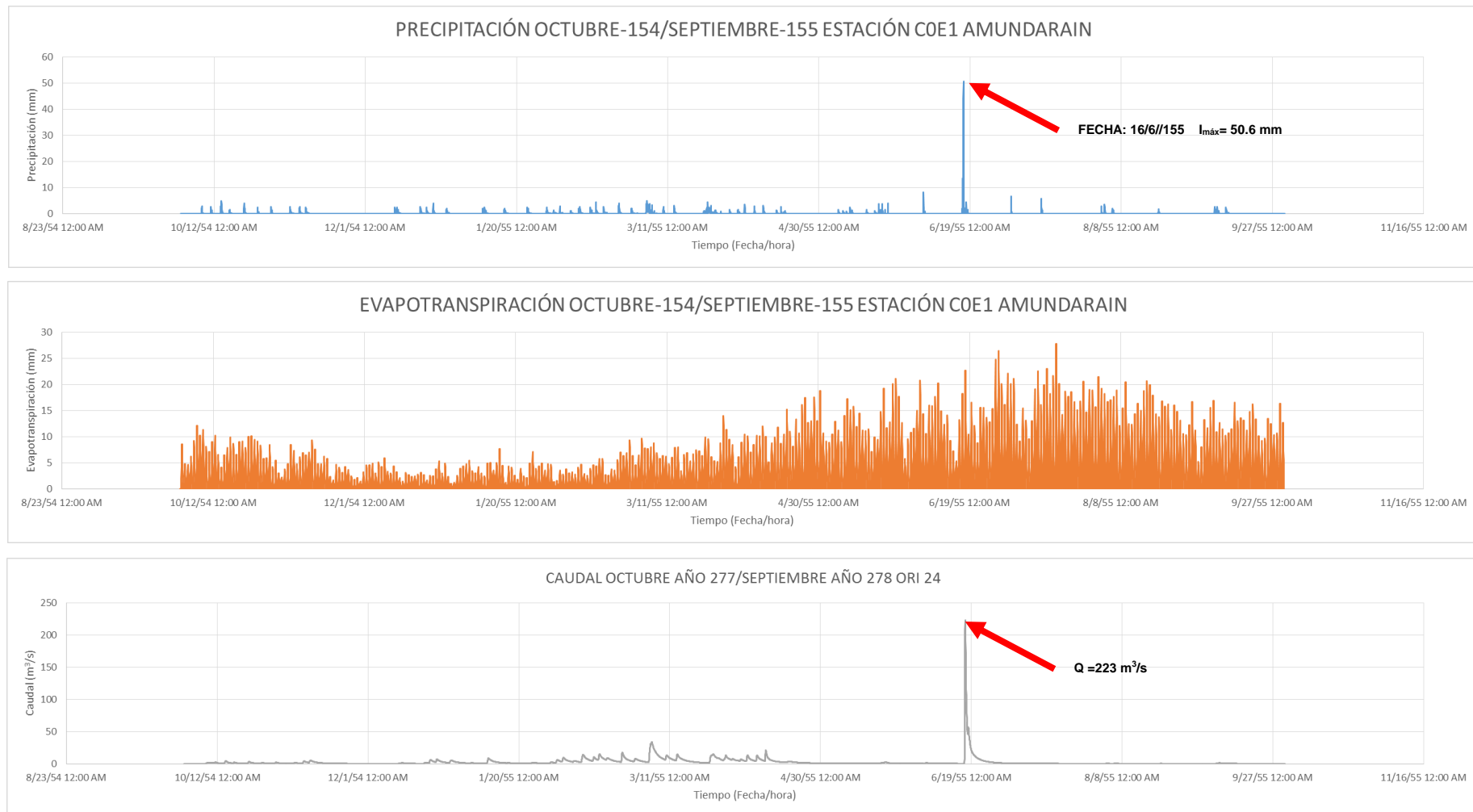
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 11 Precipitación y evapotranspiración 11-20 Noviembre año 277 en la estación Alegia en el escenario de cambio climático RCP 4.5. Caudal simulado en el punto de control ORI 24 11-20 Noviembre año 277 en el escenario de cambio climático RCP 4.5.



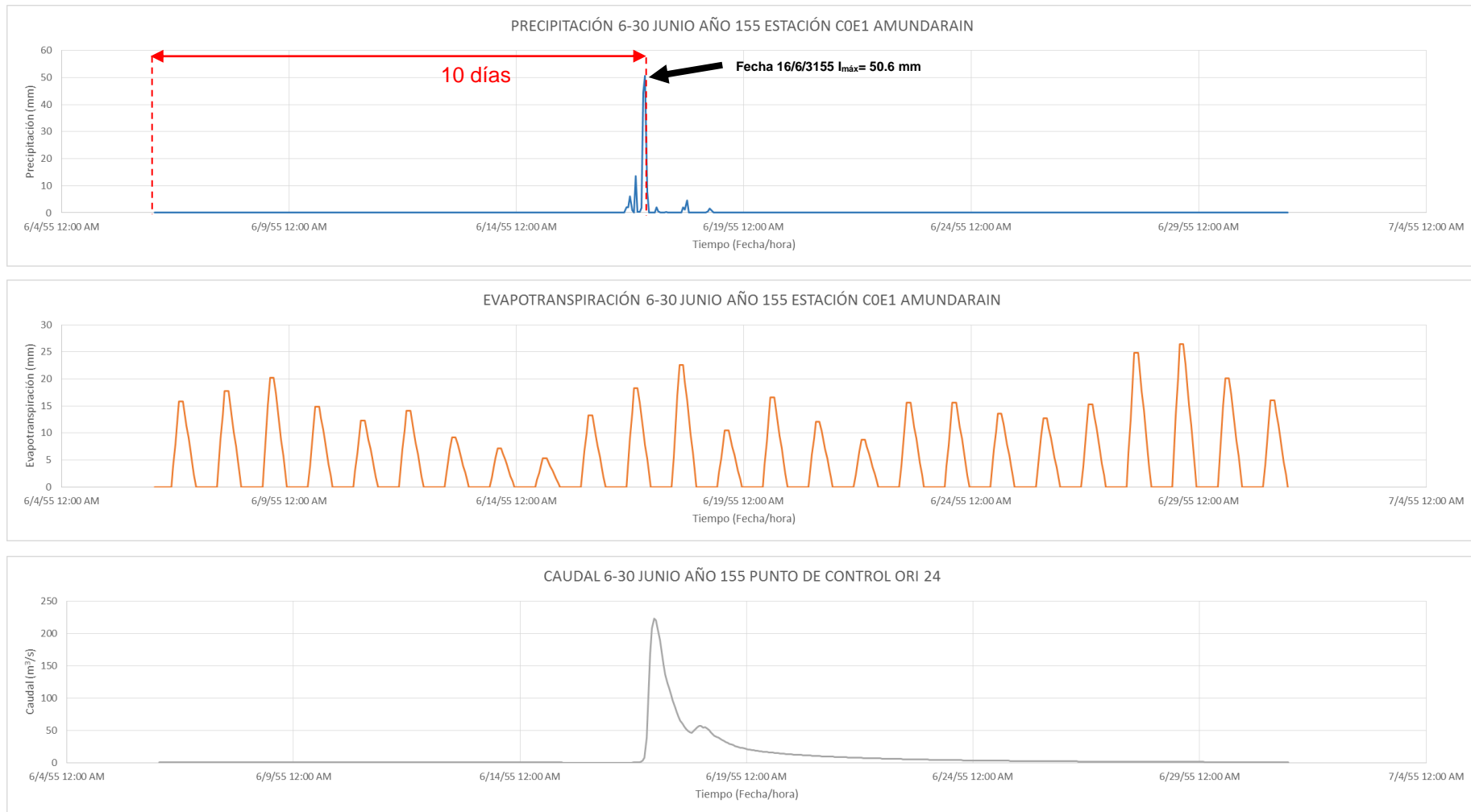
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 12 Precipitación y evapotranspiración Octubre año 154-Septiembre año 155 en la estación Amundarain en el escenario de cambio climático RCP 8.5. Caudal simulado en el punto de control ORI 24 Octubre año 154-Septiembre año 155 en el escenario de cambio climático RCP 8.5.



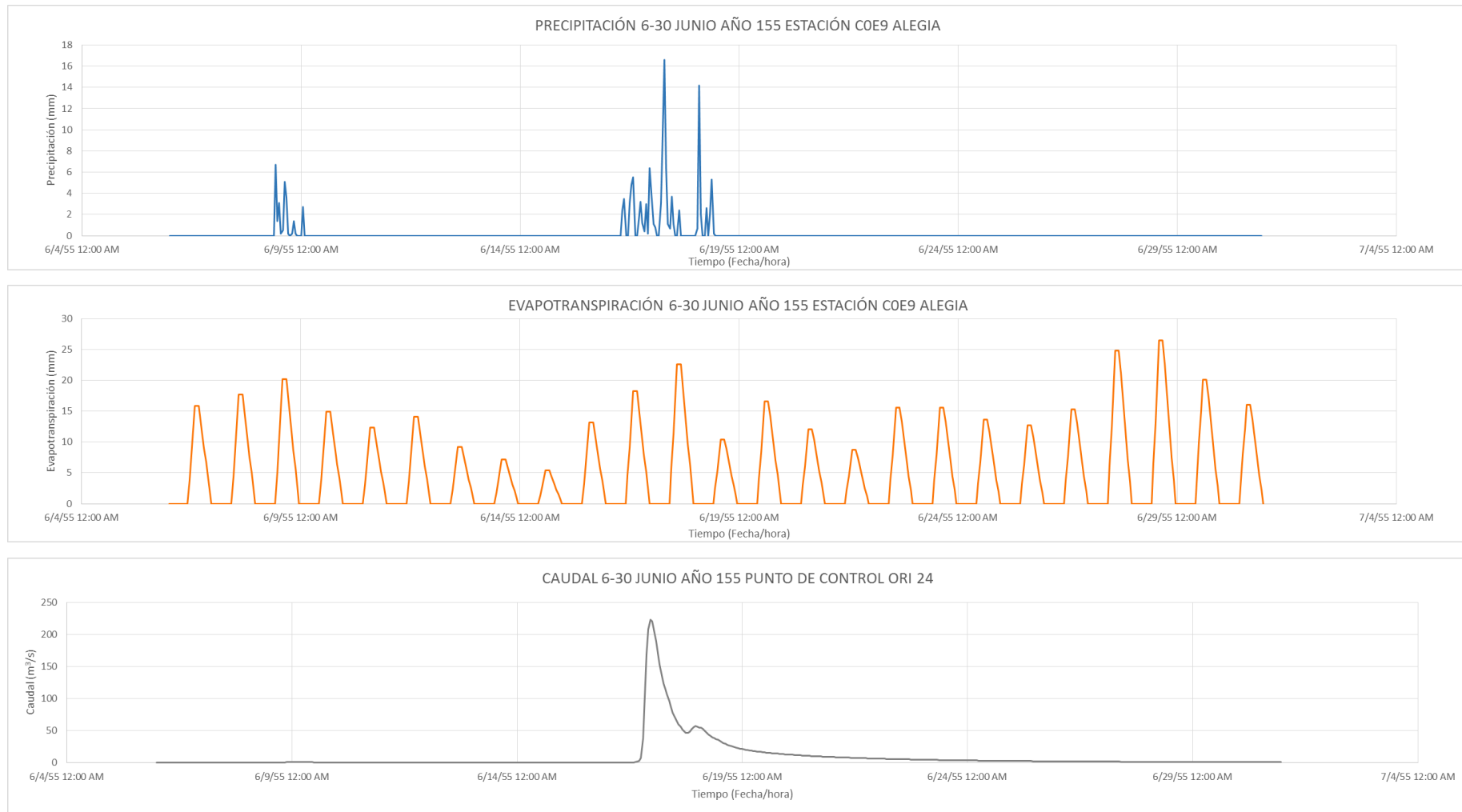
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 13 Precipitación y evapotranspiración 6-30 Junio año 155 en la estación Amundarain en el escenario de cambio climático RCP 8.5. Caudal simulado en el punto de control ORI 24 6-30 Junio año 155 en el escenario de cambio climático RCP 8.5.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 14 Precipitación y evapotranspiración 6-30 Junio año 155 en la estación Alegia en el escenario de cambio climático RCP 8.5. Caudal simulado en el punto de control ORI 24 6-30 Junio año 155 en el escenario de cambio climático RCP 8.5.



Fuente: Elaboración propia/URA

Dado que no ha sido posible el análisis de la cuenca del río Jaizubia puesto que no se disponía del modelo TETIS correspondiente, a continuación se muestran las principales conclusiones derivadas de las proyecciones de cambio climático pertenecientes a los mencionados *Escenarios regionales de cambio climático de alta resolución sobre el País Vasco*.

En primer lugar, se han obtenido los porcentajes de cambio del indicador *media de las precipitaciones máximas diarias* asociado a los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años, obteniéndose los valores aproximados que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 2 Porcentaje de cambio del indicador *Media de las precipitaciones máximas diarias* en la cuenca del río Jaizubia

Periodo de retorno (años)	Escenario RCP 4.5	Escenario RCP 8.5
10	+ 8%	+17%
25	+ 9%	+18%
50	+9-12%	+19%

Fuente: Elaboración propia / Escenarios Regionales de Cambio Climático de Alta Resolución Geoeuskadi

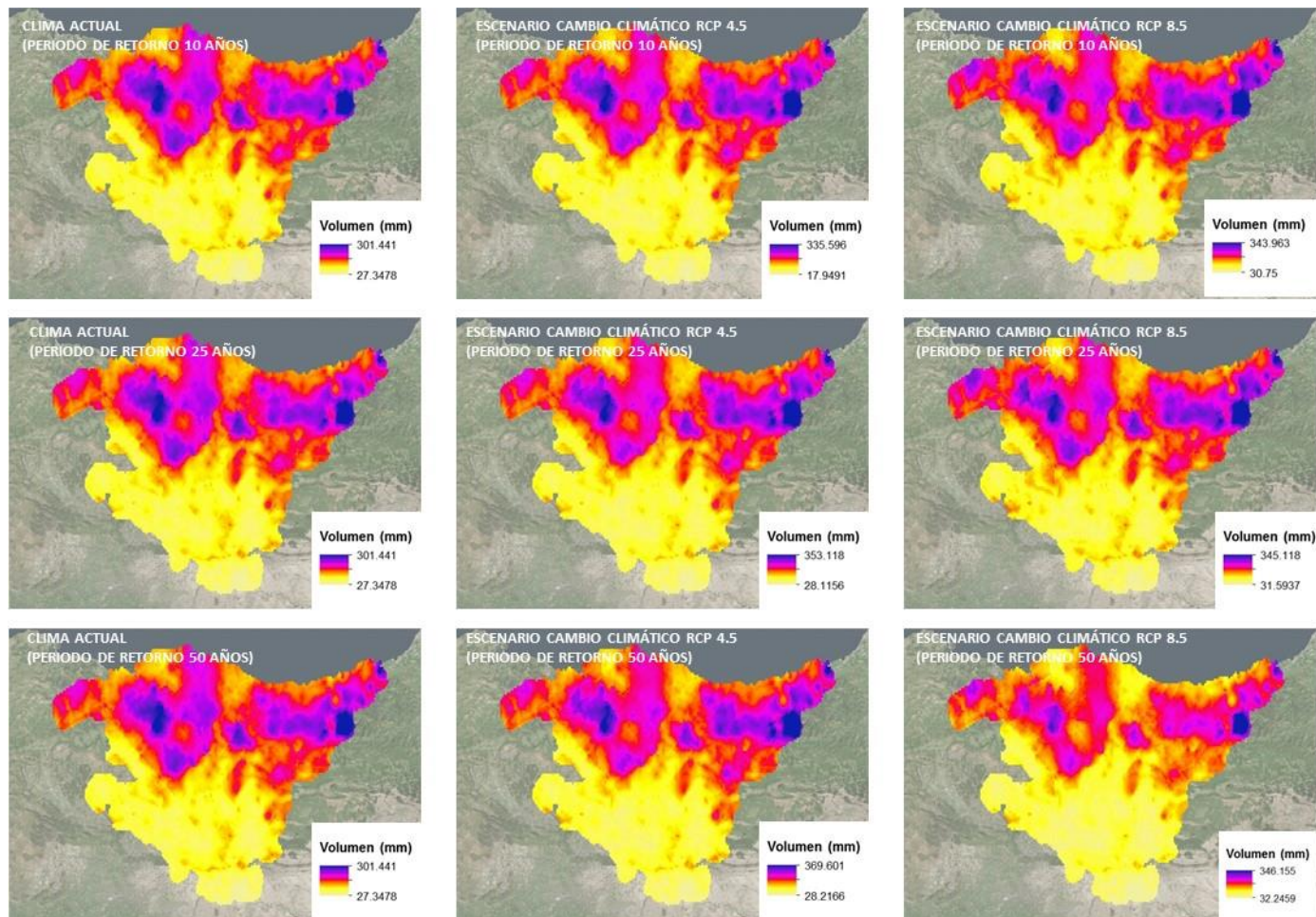
Así, se concluye que en el escenario RCP 4.5 se producirían aumentos de la precipitación máxima diaria comprendidos entre un 8% y un 12% para los periodos de retorno abordados en el presente estudio, así como de entre un 17% y un 19% en el el escenario de cambio climático RCP 8.5.

Referente al indicador de *temperatura media*, en la cuenca se proyecta un incremento de aproximadamente 2°C en el escenario RCP 4.5, mientras que en el escenario RCP 8.5 se estima un aumento de la temperatura en la cuenca de 3°C aproximadamente.

Finalmente, respecto al indicador *evapotranspiración de referencia* se proyecta un incremento porcentual de aproximadamente un 4% en el escenario RCP 4.5, oscilando entre un 6% y un 8%, en el escenario RCP 8.5. Al efecto de incremento de los valores de evapotranspiración, se añade una disminución de los días húmedos en ambos escenarios de cambio climático, tal y como refleja el indicador *precipitación total de días húmedos*, lo que se traduce en un estado de antecedente de humedad del suelo correspondiente a valores más secos respecto al escenario de clima actual.

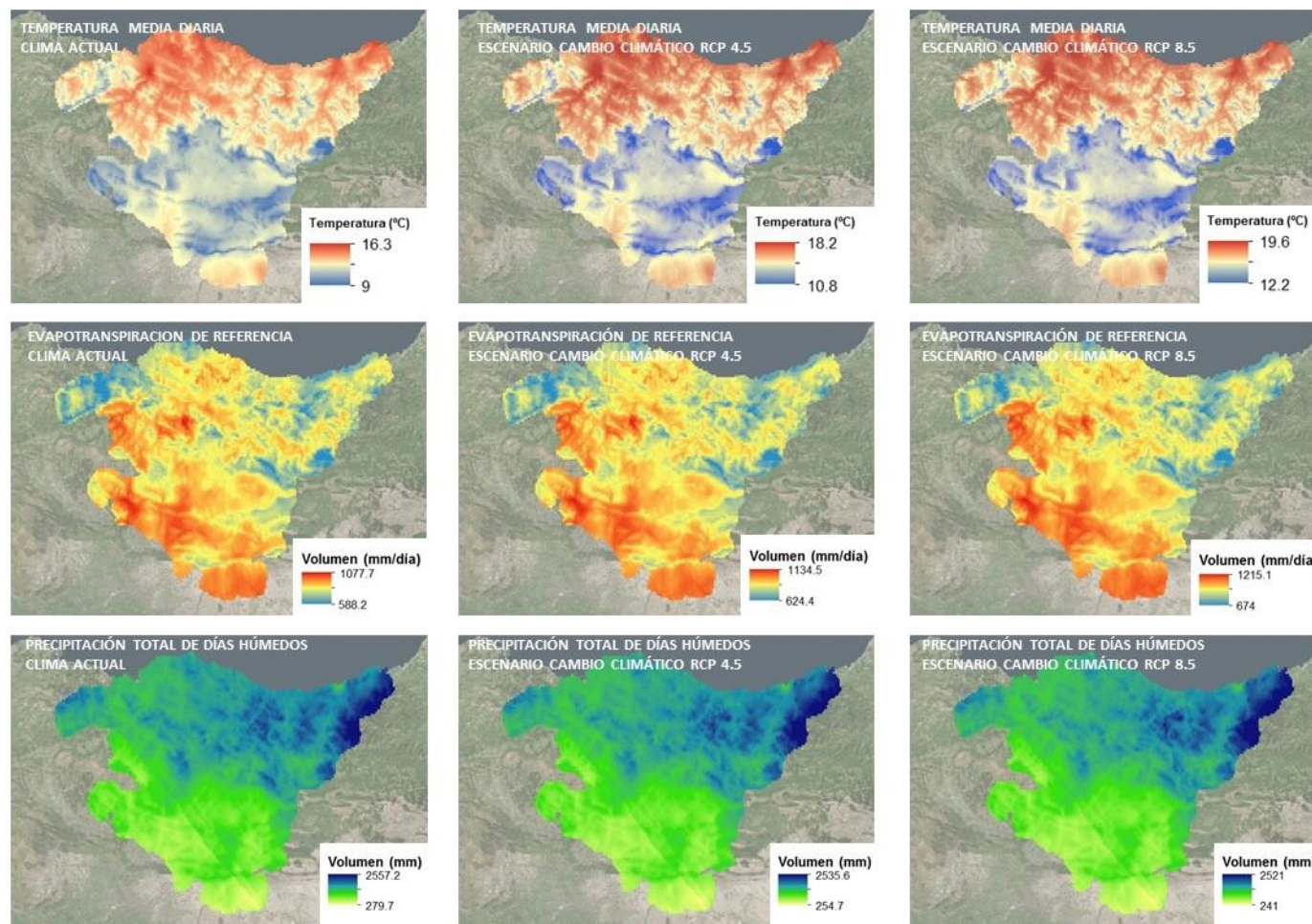
Con objeto de ilustrar estas conclusiones, a continuación, se muestran los mapas de precipitación máxima asociada a los periodos de 10, 25 y 50 años en los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 en la CAPV, en las cuencas hidrográficas del Territorio Histórico de Gipuzkoa y para las cuencas de los ríos Oiartzun y Jaizubia. Análogamente, se han obtenido los mapas de temperatura media diaria, evapotranspiración de referencia y de precipitación total de días húmedos.

Figura 15 Media de las precipitaciones máximas asociadas a los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte temporal 2071-2100. CAPV.



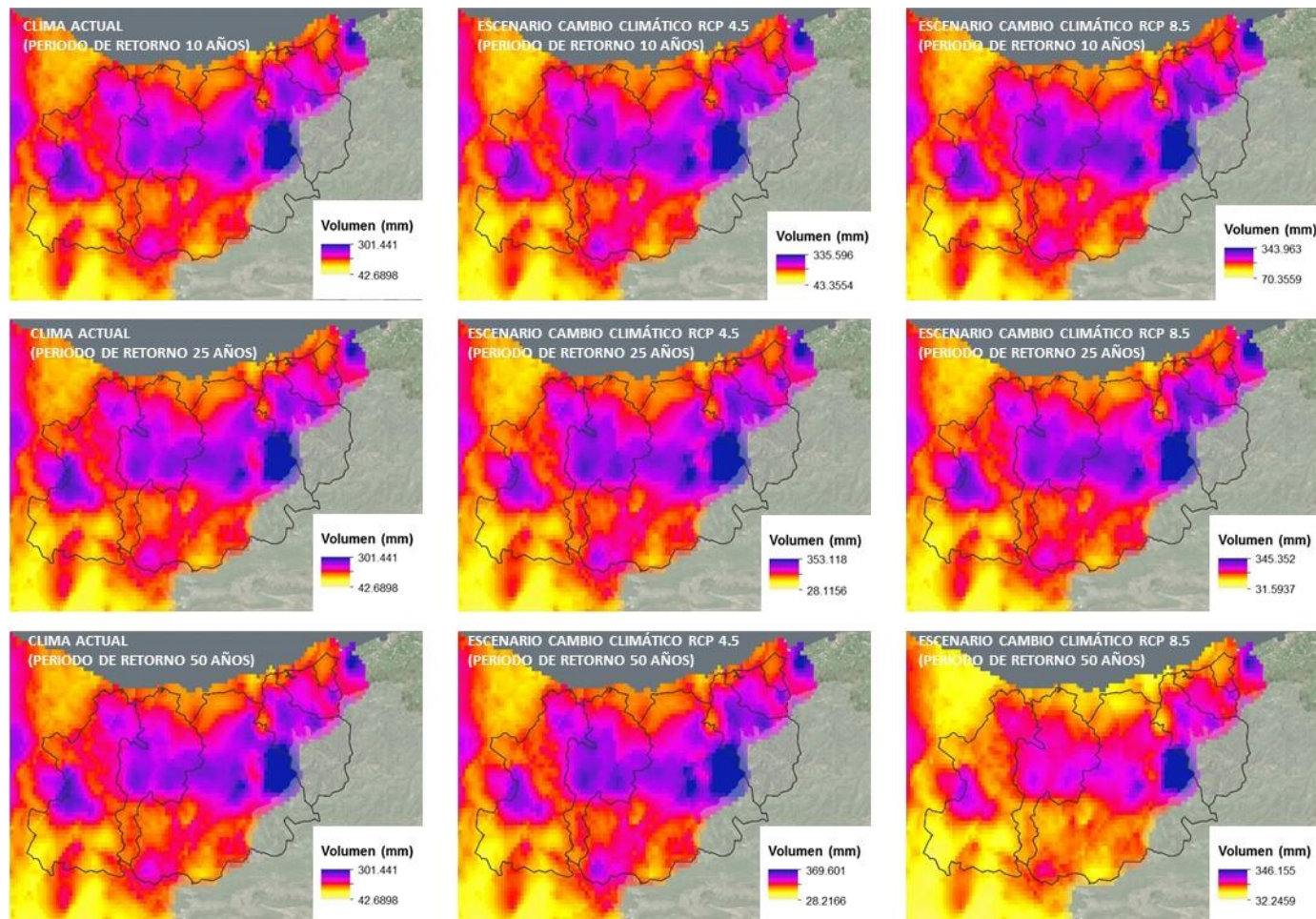
Fuente: Escenarios Regionales de Cambio Climático de Alta Resolución Goeuskadi

Figura 16 Temperatura media diaria, evapotranspiración de referencia y precipitación total de días húmedos en los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte temporal 2071-2100. CAPV.



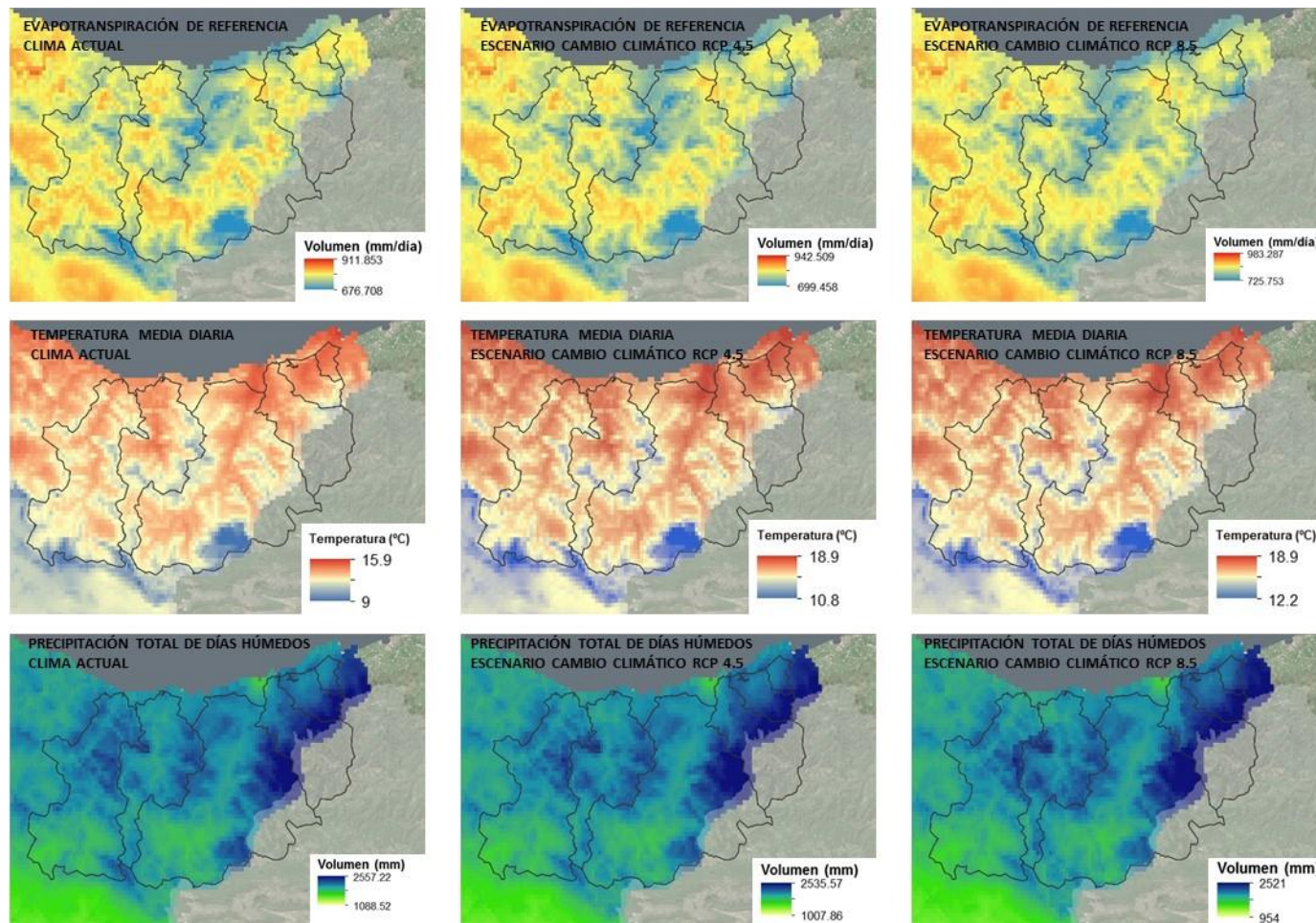
Fuente: Escenarios Regionales de Cambio Climático de Alta Resolución Goeuskadi

Figura 17 Media de las precipitaciones máximas asociadas a los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte temporal 2071-2100. Cuencas hidrográficas Territorio Histórico de Gipuzkoa.



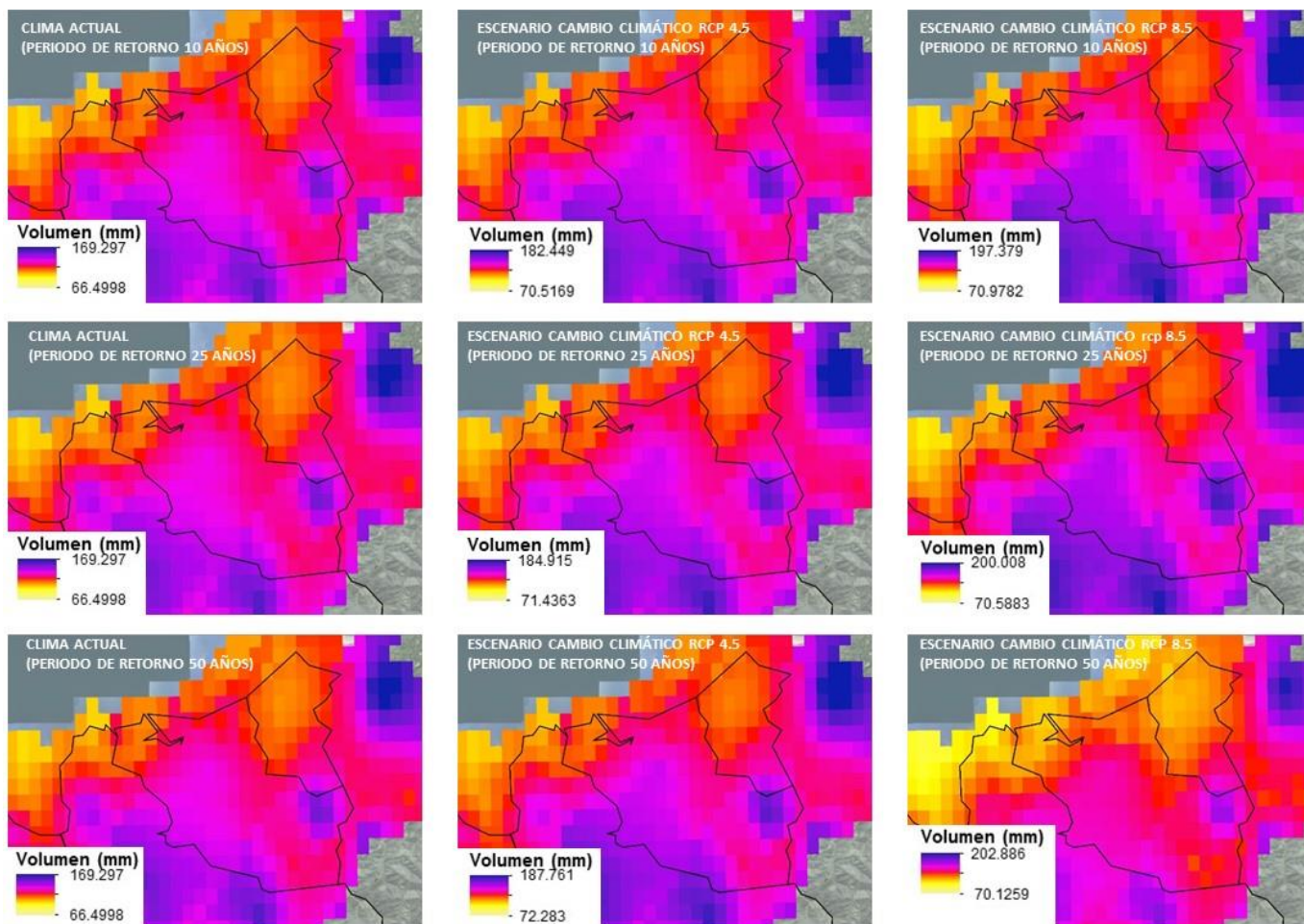
Fuente: Escenarios Regionales de Cambio Climático de Alta Resolución Goeuskadi

Figura 18 Temperatura media diaria, evapotranspiración de referencia y precipitación total de días húmedos en los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte temporal 2071-2100. Cuencas hidrográficas Territorio Histórico de Gipuzkoa.



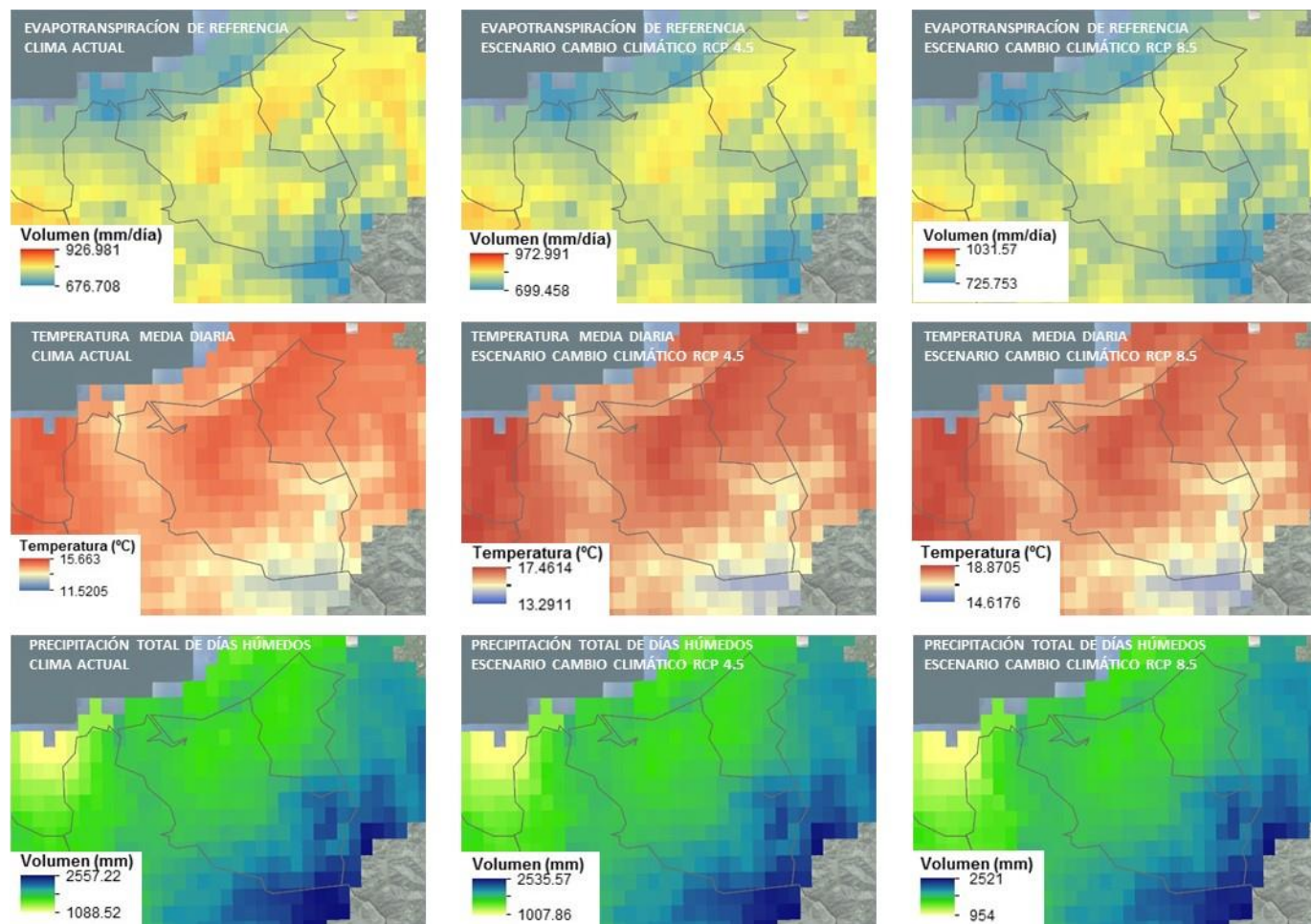
Fuente: Escenarios Regionales de Cambio Climático de Alta Resolución Goeuskadi

Figura 19 Media de las precipitaciones máximas asociadas a los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte temporal 2071-2100. Cuencas Jaizubia y Oiartzun



Fuente: Escenarios Regionales de Cambio Climático de Alta Resolución Goeuskadi

Figura 20 Temperatura media diaria, evapotranspiración de referencia y precipitación total de días húmedos en los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5, horizonte temporal 2071-2100. Cuencas Jaizubia y Oiartzun



Fuente: Escenarios Regionales de Cambio Climático de Alta Resolución Goeuskadi

6. ANÁLISIS DE LOS CAUDALES SIMULADOS DE LOS MODELOS TETIS

Las cuencas consideradas para el análisis del cambio en las condiciones de inundabilidad han sido las de los ríos Deba, Urola, Oria, Urumea y Oiartzun.

A continuación, se muestran los resultados del análisis de los valores de caudal extremal para los distintos puntos de control de las cuencas consideradas en los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

La representación de la variabilidad de caudales, como indicadores del cambio en las condiciones de inundabilidad en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 se ha realizado en cada uno de los puntos de control estableciendo para ello un rango de variación porcentual respecto al escenario de clima actual.

Así se han establecido 4 rangos: <0% (disminución); 0-5%; 5-10% y 10-15%.

De esta forma, para la caracterización de la variabilidad de caudales en cada una de las cuencas se ha procedido al análisis de los mismos en los distintos puntos de control y a nivel subcuenca de las más representativas.

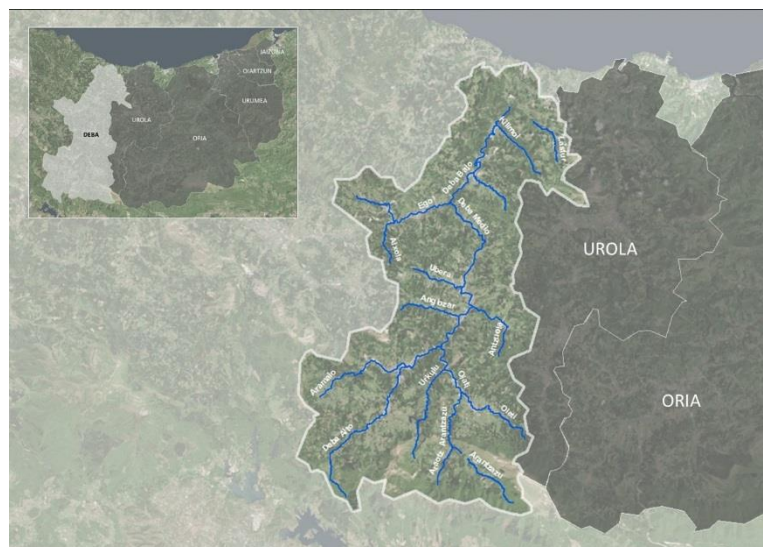
Respecto a los escenarios de cambio climático considerados, resulta preciso destacar que a pesar de que el escenario de emisión RCP 8.5 es más desfavorable desde el punto de vista de las emisiones de GEI que el escenario RCP 4.5, en general los mayores incrementos de caudales se proyectan en el escenario de emisión RCP 4.5. La justificación de este hecho es la que se ha desarrollado con anterioridad en el apartado 5 *Escenarios de Cambio Climático*.

De esta forma, con objeto de representar la situación más desfavorable desde el punto de vista de delimitación de la zona inundable, se ha procedido a priorizar para su modelización hidráulica las zonas de mayor incremento porcentual de caudal independientemente del escenario de cambio climático.

6.1. CUENCA RÍO DEBA

La cuenca del río Deba es la más occidental del Territorio Histórico de Gipuzkoa, se extiende íntegramente por la Comunidad Autónoma del País Vasco y tiene una superficie de 538,8 km².

Figura 21 Cuenca río Deba



Fuente: Elaboración propia

El curso principal del río tiene una longitud de 54 km y durante su recorrido recibe numerosos afluentes que aumentan su caudal, siendo algunos de ellos el río Aramaiona, a la altura de Arrasate/Mondragón; el río Oñati, en San Prudentzio; el río Antzuola, en Bergara; el río Ego, procedente de Eibar, a la altura de Máltzaga; o el río Kilimón en Mendaro.

El modelo TETIS para la cuenca del río Deba considera un total de 5 estaciones meteorológicas, siendo estas las que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3 Estaciones meteorológicas consideradas en el modelo TETIS de la cuenca del río Deba

NOMBRE DE LA ESTACION
C078 Altzola
C0D3 Aixola
C0D2 San Prudentzio
C0D1 Oñati
C0D0 Urkulu
C0DB Aitzu

Fuente: URA

Como puntos de control del modelo para la obtención de los valores de caudal, el modelo TETIS establece un total de 39, cuya descripción se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4 Puntos de control de caudal en el modelo TETIS de la cuenca del río Deba

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS	
	X	Y
DEB-1 Confluencia Agociba	535250	4760750
DEB-2 Eskoriatza ag/ar	538250	4763250
DEB-3 Eskoriatza ag/ab	538750	4763750
DEB-4 Eskoriatza	538750	4763250
DEB-5 Atetxabaleta	540250	4765250
DEB-6 Arrasate ag/ar	541250	4767750
DEB-7 Arrasate ag/ab	542750	4769250
DEB-8 Ibarra	535250	4766750
DEB-9 Gesalibar	538250	4768250
DEB-10 Arrasate	541250	4768750
DEB-11 San Prudentzio	543750	4769750
DEB-12 Urkullu	543250	4761250
DEB-13 Zubillaga	544750	4767750
DEB-14 Confluencia Araotz	545750	4761250
DEB-15 Oñati	546250	4765750
DEB-16 Oñati	547250	4765750
DEB-17 Oñati EA	545750	4767750
DEB-18 Confluencia Deba	545250	4769750
DEB-19 Bergara	546750	4773250
DEB-20 Antzuola	550250	4772250
DEB-21 Bergara	548250	4773250
DEB-22 Bergara	545750	4775750

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS	
	X	Y
DEB-23 Bergara	546250	4775750
DEB-24 Soraluze	547250	4781250
DEB-25 Aixola	540250	4778750
DEB-26 Ermua	540250	4780750
DEB-27 Ermua	540250	4781750
DEB-28 Eibar-1	542750	4781750
DEB-29 Eibar-2	544750	4782250
DEB-30 Elgoibar	546750	4785750
DEB-31 Elgoibar	547750	4784750
DEB-32 Elgoibar	547750	4785250
DEB-33 Antzola	548250	4786750
DEB-34 Mendaro ag/ar	549250	4789250
DEB-35 Mendaro ag/ab	549750	4789750
DEB-36 Mendaro	549750	4789250
DEB-37 Confluencia Deba	551250	4791750
DEB-38 Deba	552250	4794250
DEB-39 Mutriku	548250	4796750

Fuente: URA

A continuación, en el siguiente apartado, se muestran los resultados obtenidos del análisis de valores de caudal extremal en los distintos puntos de control para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en la cuenca del río Deba.

6.1.1. ANALISIS DE LOS VALORES EXTREMALES DE CAUDAL

El modelo TETIS proporciona como resultado de la simulación una serie de caudales horarios para una duración de 500 años en cada uno de los puntos de control establecidos y para los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Así, para la obtención de valores extremales de caudal máximo diario se ha realizado un ajuste estadístico de las series de caudales simulados para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los tres escenarios climáticos considerados. Los caudales extremales obtenidos son resultado del promedio de los valores obtenidos mediante las funciones de distribución Gumbel, Log-Pearson Tipo III y SQRT

Una vez obtenidos los valores extremales se ha procedido a comparar resultados obtenidos, lo cual permite establecer la variación porcentual de caudales en cada uno de los puntos de control, en los escenarios de cambio climático respecto al escenario de clima actual.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra la variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al escenario de clima actual, en los puntos de control establecidos para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años.

Tabla 5 Variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al clima actual para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Cuenca río Deba

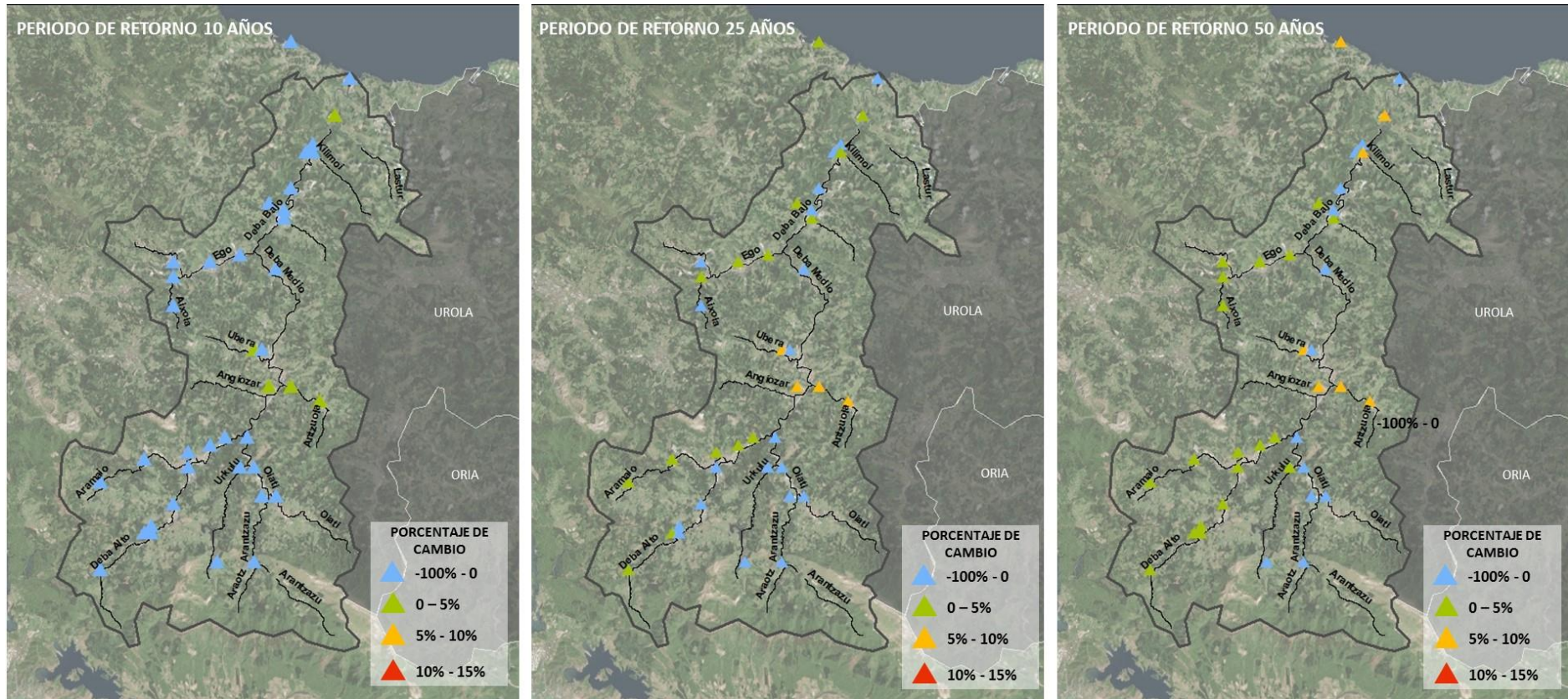
PUNTO DE CONTROL	VARIACIÓN PORCENTUAL RESPECTO AL ESCENARIO DE CLIMA ACTUAL					
	ESCENARIO RCP 4.5			ESCENARIO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
DEB-1 Confluencia Agociba	5.23%	6.36%	6.87%	-3.23%	0.72%	3.47%
DEB-2 Eskoriatza ag/ar	6.66%	7.59%	7.84%	-2.51%	0.85%	2.87%
DEB-3 Eskoriatza ag/ab	7.19%	8.11%	8.29%	-6.07%	-1.87%	0.43%
DEB-4 Eskoriatza	8.79%	9.77%	9.99%	-4.65%	-0.66%	1.48%
DEB-5 Atetxabaleta	7.61%	8.65%	8.93%	-5.26%	-0.89%	1.72%
DEB-6 Arrasate ag/ar	7.57%	8.44%	8.67%	-4.66%	-0.26%	2.37%
DEB-7 Arrasate ag/ab	6.39%	7.09%	7.26%	-3.57%	0.55%	2.99%
DEB-8 Ibarra	0.00%	0.00%	0.00%	-1.79%	1.18%	3.06%
DEB-9 Gesalibar	3.80%	4.20%	4.23%	-2.68%	0.73%	2.78%
DEB-10 Arrasate	4.08%	4.17%	4.00%	-1.90%	1.41%	3.44%
DEB-11 San Prudentzio	6.15%	6.65%	6.74%	-2.28%	1.69%	4.14%
DEB-12 Urkullu	0.19%	1.58%	2.08%	-12.78%	-7.47%	-4.04%
DEB-13 Zubillaga	5.74%	6.53%	6.82%	-4.43%	-0.90%	1.00%
DEB-14 Confluencia Araotz	-10.53%	-6.63%	-4.82%	-37.36%	-17.84%	-0.80%
DEB-15 Oñati	-10.43%	-6.00%	-3.81%	-36.53%	-19.52%	-5.20%
DEB-16 Oñati	-12.22%	-7.58%	-4.89%	-34.35%	-23.60%	-15.06%
DEB-17 Oñati EA	-8.92%	-3.74%	-0.95%	-36.83%	-21.19%	-7.90%
DEB-18 Confluencia Deba	-9.95%	-6.53%	-4.64%	-33.15%	-24.68%	-18.88%
DEB-19 Bergara	5.98%	4.97%	4.13%	2.49%	6.69%	9.23%
DEB-20 Antzuola	1.18%	-0.82%	-2.35%	2.14%	6.06%	8.45%
DEB-21 Bergara	1.00%	-1.07%	-2.55%	2.19%	6.08%	8.45%
DEB-22 Bergara	5.64%	5.70%	5.61%	2.17%	5.35%	7.22%
DEB-23 Bergara	-3.84%	-3.53%	-3.62%	-17.42%	-13.32%	-10.88%
DEB-24 Soraluze	-2.96%	-2.76%	-2.90%	-15.71%	-11.82%	-9.52%
DEB-25 Aixola	8.94%	6.95%	5.48%	-5.61%	-1.78%	0.55%
DEB-26 Ermua	5.92%	6.30%	6.34%	-2.46%	0.56%	2.35%
DEB-27 Ermua	5.79%	5.29%	4.77%	-3.46%	-0.10%	1.98%
DEB-28 Eibar-1	5.91%	6.03%	5.92%	-2.76%	0.31%	2.17%
DEB-29 Eibar-2	6.12%	6.22%	6.10%	-2.62%	0.47%	2.33%
DEB-30 Elgoibar	3.73%	2.62%	1.71%	-3.34%	0.31%	2.37%
DEB-31 Elgoibar	4.22%	3.12%	2.27%	-1.93%	1.11%	2.87%
DEB-32 Elgoibar	0.12%	0.52%	0.53%	-10.07%	-6.19%	-3.86%
DEB-33 Antzola	0.24%	0.65%	0.68%	-9.96%	-6.07%	-3.73%
DEB-34 Mendaro ag/ar	0.67%	1.15%	1.21%	-9.44%	-5.44%	-3.04%
DEB-35 Mendaro ag/ab	0.99%	1.49%	1.58%	-8.96%	-4.89%	-2.42%

PUNTO DE CONTROL	VARIACIÓN PORCENTUAL RESPECTO AL ESCENARIO DE CLIMA ACTUAL					
	ESCENARIO RCP 4.5			ESCENARIO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
DEB-36 Mendaro	4.20%	2.94%	2.02%	-0.47%	3.25%	5.71%
DEB-37 Confluencia Deba	4.71%	3.67%	2.85%	0.10%	3.26%	5.25%
DEB-38 Deba	1.58%	2.11%	2.23%	-7.81%	-3.57%	-0.98%
DEB-39 Mutriku	3.86%	3.00%	2.32%	-0.72%	3.26%	5.84%

Fuente: Elaboración propia/URA

Con objeto de facilitar la interpretación de resultados, a continuación, se muestra de forma esquemática el porcentaje de cambio en cada uno de los puntos de control de caudales de la cuenca del Río Deba para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Figura 23 Porcentaje de cambio de caudales Clima Actual-Escenario Cambio Climático RCP 8.5. Cuenca río Deba



Fuente: Elaboración propia/URA

Tal y como se muestra en las tablas y figuras anteriores, se observa como en general, los mayores porcentajes de cambio respecto al escenario de clima actual se observan en el escenario climático RCP 4.5.

En el escenario climático RCP 4.5 los cambios porcentuales de caudal son bastante semejantes para los tres periodos de retorno estudiados.

Se observa en general un aumento porcentual de los caudales comprendido entre el 5-10% en los afluentes de la margen izquierda. Este es el caso de las subcuencas de los ríos Aramaio y Ego y del tramo Deba Alto. El tramo del curso principal Deba bajo presenta un aumento de caudales en un rango del 0-5%.

Sin embargo, con base a los resultados de modelo, se produce en general una disminución de caudales en la subcuenca del Río Arantzazu en la parte alta de la cuenca. Esto es debido fundamentalmente a que en la estación meteorológica "COD1 Oñati" las precipitaciones disminuyen (con base a la serie estocástica de precipitaciones considerada en el modelo para dicho escenario de cambio climático), mientras que en el resto de estaciones consideradas en la cuenca en general aumentan.

Con objeto de analizar los valores de precipitación en las estaciones meteorológicas consideradas en el modelo de la cuenca del río Deba, a continuación, se muestra una tabla con los valores extremales de precipitación máxima diaria para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Estos valores han sido obtenidos a partir de las series estocásticas de precipitaciones consideradas en el modelo, para los escenarios de Clima actual y de Cambio Climático.

Tabla 6 Comparativa de los valores extremales de Precipitación máxima diaria en los escenarios de clima actual y RCP 4.5 de Cambio Climático. Cuenca río Deba.

Nombre de la estación	Periodo de retorno					
	10 años		25 años		50 años	
	Actual	RCP 4.5	Actual	RCP 4.5	Actual	RCP 4.5
P "C078 Altzola	95.291	102.19	110.86	120.83	121.9	134.69
P "C0D3 Aixola	104.02	109.33	122.59	129.51	136.37	144.71
P "C0D2 San Prudentzio	90.63	91.51	108.51	107.74	122.12	119.78
P "C0D1 Oñati	88.19	88.44	105.98	103.86	119.65	115.1
P "C0D0 Urkulu	83.68	86.61	98.67	101.99	109.73	113.27
P "C0DB Aitzu	93.92	92.36	113.19	105.11	128.11	113.66

Fuente: Elaboración propia/URA

Tal y como se muestra en la tabla anterior, para el periodo de retorno de 10 años, en la estación meteorológica de Oñati, la precipitación máxima diaria apenas aumenta, mientras que los valores de evapotranspiración aumentan de forma significativa en todas las estaciones consideradas, tal y como se aprecia en las series estocásticas generadas a partir de las proyecciones de cambio climático y utilizadas como datos de entrada del modelo. Por lo que, a pesar del leve incremento de las precipitaciones, los caudales obtenidos en los puntos de control se ven reducidos debido al aumento de los valores de evapotranspiración.

Para los periodos de retorno de 25 y 50 años, los valores de precipitación máxima diaria en la estación meteorológica de Oñati, obtenidos a partir de la serie estocástica considerada en el modelo, se ven reducidos en aproximadamente un 2% y un 4% respectivamente.

Referente al escenario RCP 8.5, análogamente al escenario anterior, se proyectan en general incrementos de caudal en las subcuencas de los ríos Aramaio y Ego para los periodos de retorno de 25 y 50 años. Sin embargo, esta vez, el porcentaje de cambio está comprendido entre un 0-5%, inferior al del escenario RCP 4.5.

NOMBRE DE LA ESTACION
C0E7 Estanda
C064 Zarautz
C077 Andoain
C058 Bidania
C029 Zizurkil
C043 Ordizia

Fuente: URA

Como puntos de control del modelo para la obtención de los valores de caudal, en el modelo TETIS se establece un total de 50, cuya ubicación se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 8 Puntos de control de caudal en el modelo TETIS de la cuenca del río Urola

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS	
	X	Y
ORI-1 Zegama	558250	4759750
ORI-2 Confluencia Troya	560750	4763250
ORI-3 Confluencia Oria	560750	4763750
ORI-4 Confluencia Ursuara	561750	4763750
ORI-5 Estanda	562250	4763250
ORI-6 Confluencia Estanda	563750	4766250
ORI-7 Confluencia Sta Luz	560250	4766250
ORI-8 Confluencia Estanda	560250	4766750
ORI-9 Confluencia Arriara	562250	4766750
ORI-10 Confluencia Estand	562250	4767250
ORI-11 Estanda	563250	4767250
ORI-12 Beasain	565250	4766750
ORI-13 San Gregorio	566250	4758750
ORI-14 Ataun	567250	4761750
ORI-15 Lazkao	565750	4764250
ORI-16 Lazkao	566250	4765250
ORI-17 Ordizia	567250	4767750
ORI-18 Zaldibia	569250	4765750
ORI-19 Ordizia	567750	4767750
ORI-20 Legorreta	568250	4770250
ORI-21 Legorreta ag/ar	568250	4769750
ORI-22 Legorreta ag/ab	569750	4770750
ORI-23 Confluencia Oria	570750	4771250
ORI-24 Alegia ag/ar	572750	4772750
ORI-25 Amezketa	574250	4769250
ORI-26 Amezketa	574750	4769250
ORI-27 Alegia	573750	4772250
ORI-28 Alegia ag/ab	573250	4773750

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS	
	X	Y
ORI-29 Confluencia Oria	573250	4775250
ORI-30 San Blas ag/ar	574250	4775750
ORI-31 Lizartza	578250	4772750
ORI-32 San Blas	574750	4775750
ORI-33 Tolosa ag/ar	574750	4776750
ORI-34 Berrobi	578750	4777750
ORI-35 Tolosa	575250	4776750
ORI-36 Tolosa ag/ab	575250	4777750
ORI-37 Villabona ag/ar	576750	4783250
ORI-38 Villabona	576750	4783750
ORI-39 Andoain ag/ar	578250	4785250
ORI-40 Andoain	579750	4784250
ORI-41 Andoain ag/ab	578750	4786750
ORI-42 Andoain EA/Zubieta	579250	4788750
ORI-43 Usurbil	576250	4792250
ORI-44 Aia-Orio	571750	4792250
ORI-45 Orio	571250	4791250
ORI-46 Orio	570250	4792250
ORI-47 Oria	570750	4793250
ORI-48 Zarautz	566750	4792250
ORI-49 Zarautz ag/ar	567250	4791750
ORI-50 Iñurritza	567250	4792750

Fuente: URA

A continuación, en el siguiente apartado, se muestran los resultados obtenidos del análisis de valores de caudal extremal en los distintos puntos de control para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en la cuenca del río Oria.

6.2.1. ANALISIS DE LOS VALORES EXTREMALES DE CAUDAL

Al igual que para el estudio de la cuenca del Deba, el modelo TETIS proporciona como resultado de la simulación una serie de caudales horarios para una duración de 500 años en cada uno de los puntos de control establecidos y para los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Así, para la obtención de valores extremales de caudal máximo diario se ha realizado un ajuste estadístico de las series de caudales simulados para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los tres escenarios climáticos considerados. Los caudales extremales obtenidos son resultado del promedio de los valores obtenidos mediante las funciones de distribución Gumbel, Log-Pearson Tipo III y SQRT

Una vez obtenidos los valores extremales se ha procedido a comparar resultados obtenidos, lo cual permite establecer la variación porcentual de caudales en cada uno de los puntos de control, en los escenarios de cambio climático respecto al escenario de clima actual.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra la variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al escenario de clima actual, en los puntos de control establecidos para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años.

Tabla 9 Variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al clima actual para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Cuenca río Oria

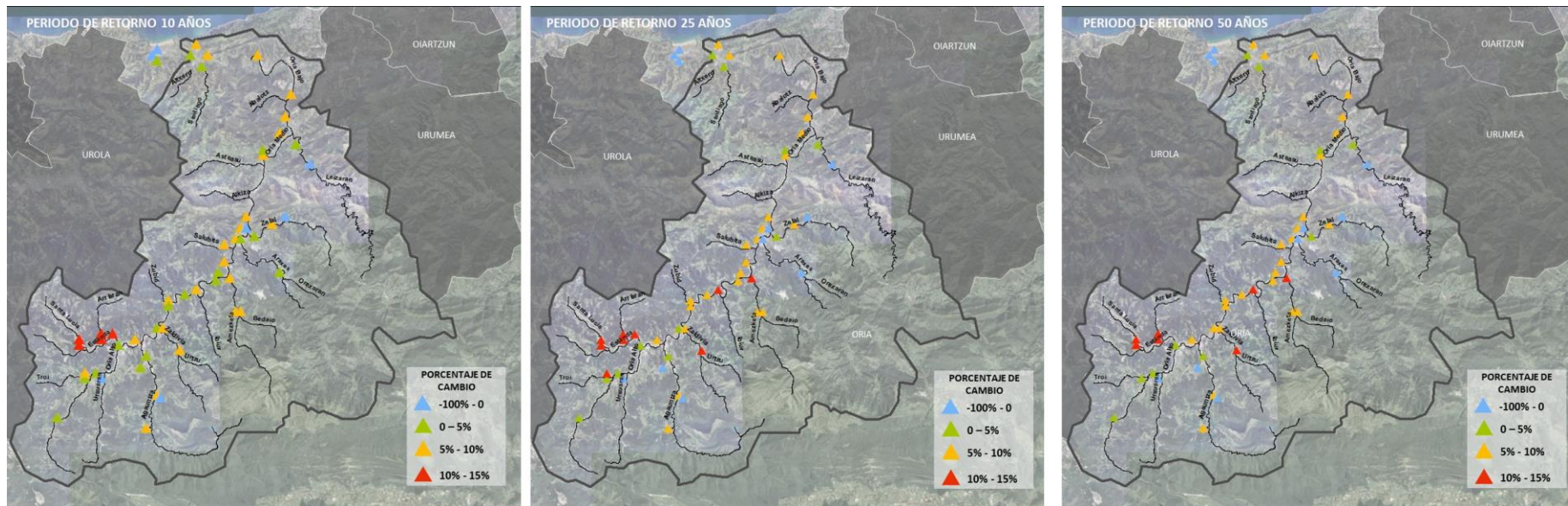
PUNTO DE CONTROL	VARIACIÓN PORCENTUAL RESPECTO AL ESCENARIO DE CLIMA ACTUAL					
	ESCENARIO RCP 4.5			ESCENARIO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
ORI-1 Zegama	0,45%	0,46%	0,09%	-18,17%	-15,19%	-13,87%
ORI-2 Confluencia Troya	0,84%	0,61%	0,05%	-17,30%	-14,76%	-13,83%
ORI-3 Confluencia Oria	8,60%	13,33%	16,87%	-7,47%	-1,79%	2,21%
ORI-4 Confluencia Ursuara	2,29%	2,29%	1,85%	-15,77%	-13,45%	-12,71%
ORI-5 Estanda	-1,11%	-2,26%	-3,33%	-15,52%	-12,70%	-10,84%
ORI-6 Confluencia Estanda	1,90%	1,95%	1,59%	-16,10%	-14,31%	-13,85%
ORI-7 Confluencia Sta Luz	10,11%	12,32%	13,60%	-1,23%	0,76%	1,51%
ORI-8 Confluencia Estanda	10,56%	13,01%	14,32%	-0,94%	1,45%	2,51%
ORI-9 Confluencia Arriara	10,65%	13,17%	14,65%	-0,81%	1,74%	2,99%
ORI-10 Confluencia Estand	10,18%	12,40%	13,55%	-1,07%	1,34%	2,33%
ORI-11 Estanda	10,87%	13,54%	15,07%	-0,72%	1,80%	2,96%
ORI-12 Beasain	5,34%	6,88%	7,58%	-10,72%	-8,40%	-7,45%
ORI-13 San Gregorio	5,31%	5,68%	5,89%	-2,99%	-0,96%	0,31%
ORI-14 Ataun	5,33%	5,66%	5,86%	-2,14%	0,20%	1,71%
ORI-15 Lazkao	0,15%	-1,05%	-2,14%	-15,08%	-11,33%	-8,76%
ORI-16 Lazkao	3,39%	3,56%	3,65%	-5,74%	-3,67%	-2,38%
ORI-17 Ordizia	3,60%	4,94%	5,74%	-10,92%	-8,35%	-6,88%
ORI-18 Zaldibia	9,35%	10,59%	11,32%	8,33%	10,76%	12,20%
ORI-19 Ordizia	7,34%	8,36%	8,95%	1,24%	3,13%	4,19%
ORI-20 Legorreta	6,92%	8,41%	9,06%	-8,12%	-6,37%	-5,73%
ORI-21 Legorreta ag/ar	4,03%	5,52%	6,41%	-10,49%	-7,99%	-6,53%
ORI-22 Legorreta ag/ab	4,27%	5,85%	6,80%	-10,37%	-7,80%	-6,30%
ORI-23 Confluencia Oria	8,50%	10,15%	10,79%	-7,52%	-4,94%	-3,87%
ORI-24 Alegia ag/ar	4,97%	6,68%	7,70%	-9,92%	-7,21%	-5,63%
ORI-25 Amezqueta	6,60%	8,19%	8,98%	-6,38%	-3,65%	-2,07%
ORI-26 Amezqueta	6,08%	7,63%	8,59%	-3,49%	-0,70%	1,04%
ORI-27 Alegia	8,17%	10,24%	11,41%	-2,31%	1,05%	3,10%
ORI-28 Alegia ag/ab	6,07%	7,78%	8,77%	-8,67%	-5,99%	-4,45%
ORI-29 Confluencia Oria	7,70%	8,93%	9,55%	-2,86%	-0,78%	0,39%
ORI-30 San Blas ag/ar	6,51%	8,22%	9,18%	-8,02%	-5,31%	-3,76%
ORI-31 Lizartza	0,45%	-0,02%	-0,44%	-6,11%	-5,23%	-4,81%
ORI-32 San Blas	0,20%	-0,25%	-0,67%	-6,14%	-5,20%	-4,75%
ORI-33 Tolosa ag/ar	6,37%	8,13%	9,14%	-5,98%	-3,01%	-1,21%
ORI-34 Berrobi	-3,89%	-5,61%	-6,81%	-10,97%	-11,18%	-11,42%
ORI-35 Tolosa	-3,47%	-4,85%	-5,85%	-10,74%	-10,56%	-10,56%
ORI-36 Tolosa ag/ab	5,86%	7,50%	8,42%	-5,90%	-2,99%	-1,20%

PUNTO DE CONTROL	VARIACIÓN PORCENTUAL RESPECTO AL ESCENARIO DE CLIMA ACTUAL					
	ESCENARIO RCP 4.5			ESCENARIO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
ORI-37 Villabona ag/ar	6,12%	7,82%	8,77%	-5,38%	-2,43%	-0,63%
ORI-38 Villabona	3,33%	3,81%	3,91%	-1,74%	1,14%	2,87%
ORI-39 Andoain ag/ar	6,37%	8,07%	9,00%	-4,92%	-2,00%	-0,23%
ORI-40 Andoain	3,15%	2,98%	2,80%	-3,27%	-3,11%	-3,16%
ORI-41 Andoain ag/ab	5,76%	7,26%	8,09%	-4,42%	-1,69%	-0,05%
ORI-42 Andoain EA/Zubieta	5,77%	7,29%	8,12%	-4,40%	-1,66%	-0,02%
ORI-43 Usurbil	5,73%	7,28%	8,14%	-4,32%	-1,55%	0,11%
ORI-44 Aia-Orio	5,63%	7,18%	8,03%	-4,36%	-1,60%	0,05%
ORI-45 Orio	2,26%	1,95%	1,55%	-4,82%	-2,67%	-1,45%
ORI-46 Orio	2,57%	2,44%	2,22%	-8,93%	-7,92%	-7,56%
ORI-47 Oria	5,55%	7,03%	7,82%	-4,36%	-1,61%	0,04%
ORI-49 Zarautz ag/ar	0,75%	-0,24%	-0,99%	-14,33%	-14,86%	-15,45%

Fuente: Elaboración propia/URA

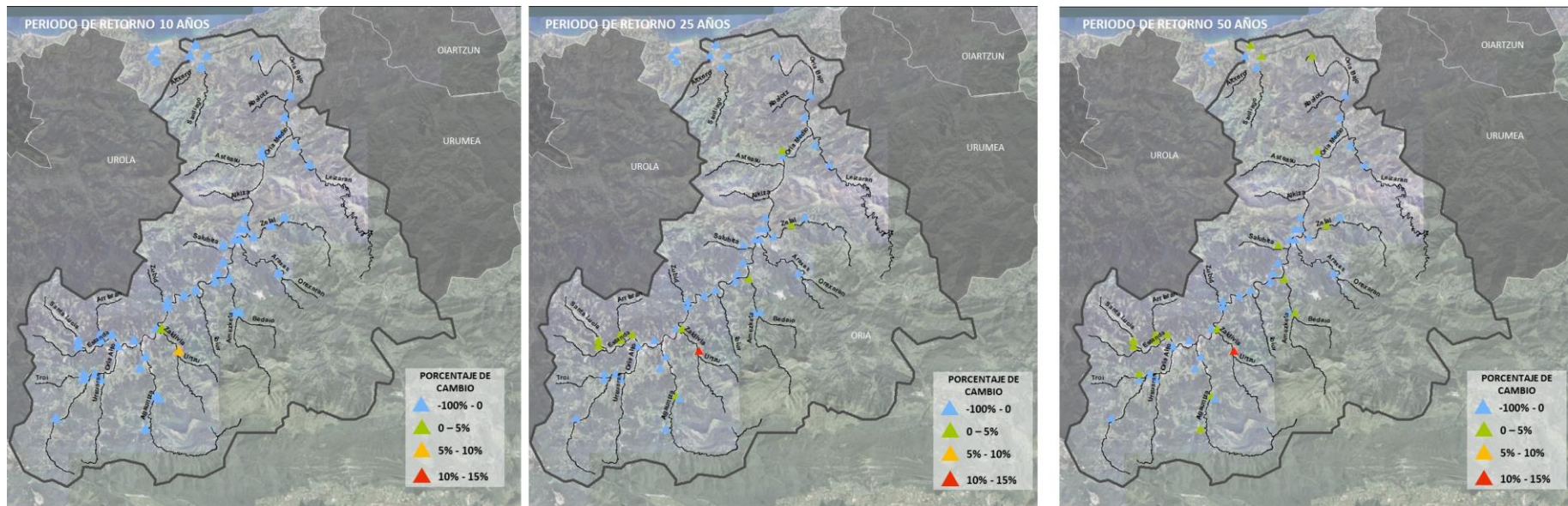
Con objeto de facilitar la interpretación de resultados, a continuación, se muestra de forma esquemática el porcentaje de cambio en cada uno de los puntos de control de caudales de la cuenca del Río Oria para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5

Figura 25 Porcentaje de cambio de caudales Clima Actual-Escenario Cambio Climático RCP 4.5. Cuenca río Oria



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 26 Porcentaje de cambio de caudales Clima Actual-Escenario Cambio Climático RCP 8.5. Cuenca río Oria



Fuente: Elaboración propia/URA

Los mayores incrementos porcentuales de caudal se proyectan en el escenario de emisión RCP 4.5.

En este caso, a lo largo del curso principal se producen aumentos comprendidos en un rango de un 5-10 % para todos los periodos de retorno.

Los mayores incrementos de caudal (10-15%) tienen lugar en la margen izquierda de la parte alta de la cuenca, en la subcuenca del afluente Arriarán, para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años.

Para el periodo de retorno de 50 años, también se señalan incrementos de caudal comprendidos en un rango de 10-15 % en las subcuencas de los ríos Ibiur, Urtzu y Amezketa.

En la margen derecha, sin embargo, destacan las reducciones de caudal obtenidas en los puntos de control de los afluentes Zelai y Araxes.

Con objeto de entender porque se reducen los caudales en esta parte de la cuenca, mientras que en el resto en general aumenta, se ha procedido a obtener los valores extremales de precipitación máxima diaria para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años, en la estación meteorológica "CO26 Berástegi", localizada en la parte alta de la subcuenca del río Zelai, así como en el resto de estaciones representativas en la cuenca del río Oria. Estos valores han sido obtenidos a partir de las series estocásticas de precipitaciones consideradas en el modelo, en los escenarios de clima actual y RCP 4.5 de Cambio Climático, tal y como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 10 Comparativa de los valores extremales de Precipitación máxima diaria en los escenarios de clima actual y RCP 4.5 de Cambio Climático. Cuenca del río Oria

Nombre de la estación	Periodo de retorno					
	10 años		25 años		50 años	
	Actual	E1	Actual	E1	Actual	E1
C0E5 Agauntza	77.46	82.44	90.55	97.69	99.91	109.08
C0E9 Alegia	78.14	84.88	90.94	99.16	100.09	109.53
C0E1 Amundarain	76.53	80.30	90.03	94.98	99.94	105.78
C026 Berastegi	115.43	116.97	139.88	136.80	159.05	151.07
C0E7 Estanda	68.94	76.05	81.29	90.45	90.51	101.25
C0EC Lasarte	98.07	102.34	114.43	119.38	126.16	131.54
C052 Leitzarain	111.62	120.62	132.11	144.09	147.39	161.88

Fuente: Elaboración propia/URA

Como se muestra en la tabla, para el periodo de retorno de 10 años, en la estación meteorológica de Berastegi, la precipitación máxima diaria aumenta muy poco, mientras que los valores de evapotranspiración aumentan de forma significativa en todas las estaciones consideradas, tal y como se aprecia en las series estocásticas generadas a partir de las proyecciones de cambio climático y utilizadas como datos de entrada del modelo. Por lo que, a pesar del leve incremento de las precipitaciones, los caudales obtenidos en los puntos de control se ven reducidos debido al aumento de los valores de evapotranspiración.

Para lluvias asociadas a recurrencias de 25 y 50 años, los valores de precipitación máxima diaria en la estación meteorológica de Berastegi, obtenidos a partir de la serie estocástica considerada en el modelo, se ven reducidos en aproximadamente un 2% y un 5% respectivamente.

En el escenario de cambio climático RCP 8.5 se señala en general para toda la cuenca una disminución de caudales. Únicamente se proyectan aumentos de caudal comprendidos entre un 0-5% en la subcuenca del afluente Arriarán y de un 10-15% en el río Urtzu.

6.3. CUENCA RÍO UROLA

La cuenca del río Urola, situada entre las cuencas de los ríos Deba y Oria, se caracteriza por las elevadas cotas en su nacimiento y su estrechez, especialmente la cuenca alta. Al pasar por el Municipio de Azpeitia recibe las aguas de los ríos Ibai-Eder y Errezil, aguas abajo, en Zestoia, se da la confluencia con el río Sastarraín y con el Altzolaras en Aizarnazabal. En esta parte, perteneciente a la cuenca baja, es donde el río pasa a tener menores pendientes adquiriendo una forma meandrosa hasta su desembocadura en el mar cantábrico. Tiene una superficie total de 337.5 km², localizada íntegramente en el Territorio Histórico de Gipuzkoa.

Figura 27 Cuenca río Urola



Fuente: Elaboración propia

El modelo TETIS para la cuenca del río Urola considera un total de 4 estaciones meteorológicas, siendo estas las que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 11 Estaciones meteorológicas consideradas en el modelo TETIS de la cuenca del río Urola

NOMBRE DE LA ESTACION
C0DD Aizarnazabal
C0DC Ibai-Eder
C0DE Matxinbenta
C0DB Aitzu

Fuente: URA

Como puntos de control del modelo para la obtención de los valores de caudal, en el modelo TETIS se establece un total de 25, cuya ubicación se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 12 Puntos de control de caudal en el modelo TETIS de la cuenca del río Urola

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS	
	X	Y
URO-1 Legazpi ag/ar	554250	4767250
URO-2 Legazpi	553750	4767750
URO-3 Legazpi ag/ab	554250	4768750
URO-4 Zumárraga/Urretzu	555250	4771250
URO-5 Aiztu	555250	4773250
URO-6 Ormaola-Mendi	552750	4777250
URO-7 Azkoitia ag/ar	555250	4780750
URO-8 Azkoitia	555250	4781250
URO-9 Azkoitia ag/ab	556250	4781250
URO-10 Azpeitia ag/ar	558750	4781250
URO-11 Matxinbenta	562250	4773750
URO-12 Beizama	562750	4775750
URO-13 Urrestilla ag/ar	561750	4778250
URO-14 Urrestilla ag/ar	560750	4778250
URO-15 Ibaieder	560750	4780250
URO-16 Artzailuz	564750	4780750
URO-17 Azpeitia	560750	4780750
URO-18 Azpeitia ag/ab	560250	4782750
URO-19 Zestoa	559750	4787250
URO-20 Aizarnazabal	561250	4789750
URO-21 Aizarnazabal	562250	4789750
URO-22 Zumaia	561250	4794250
URO-23 Arroa-Behea	558750	4791750
URO-24 Zumaia	560250	4794250
URO-25 Urola	560750	4794750

Fuente: URA

A continuación, en el siguiente apartado, se muestran los resultados obtenidos del análisis de valores de caudal extremal en los distintos puntos de control para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en la cuenca del río Urola.

6.3.1. ANALISIS DE LOS VALORES EXTREMALES DE CAUDAL

Al igual que para el resto de las cuencas analizadas, el modelo TETIS proporciona como resultado de la simulación una serie de caudales horarios para una duración de 500 años en cada uno de los puntos de control establecidos y para los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Así, para la obtención de valores extremales de caudal máximo diario se ha realizado un ajuste estadístico de las series de caudales simulados para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los tres escenarios climáticos considerados. Los caudales extremales obtenidos son resultado del promedio de los valores obtenidos mediante las funciones de distribución Gumbel, Log-Pearson Tipo III y SQRT

Una vez obtenidos los valores extremales se ha procedido a comparar resultados obtenidos, lo cual permite establecer la variación porcentual de caudales en cada uno de los puntos de control, en los escenarios de cambio climático respecto al escenario de clima actual.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra la variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al escenario de clima actual, en los puntos de control establecidos para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años.

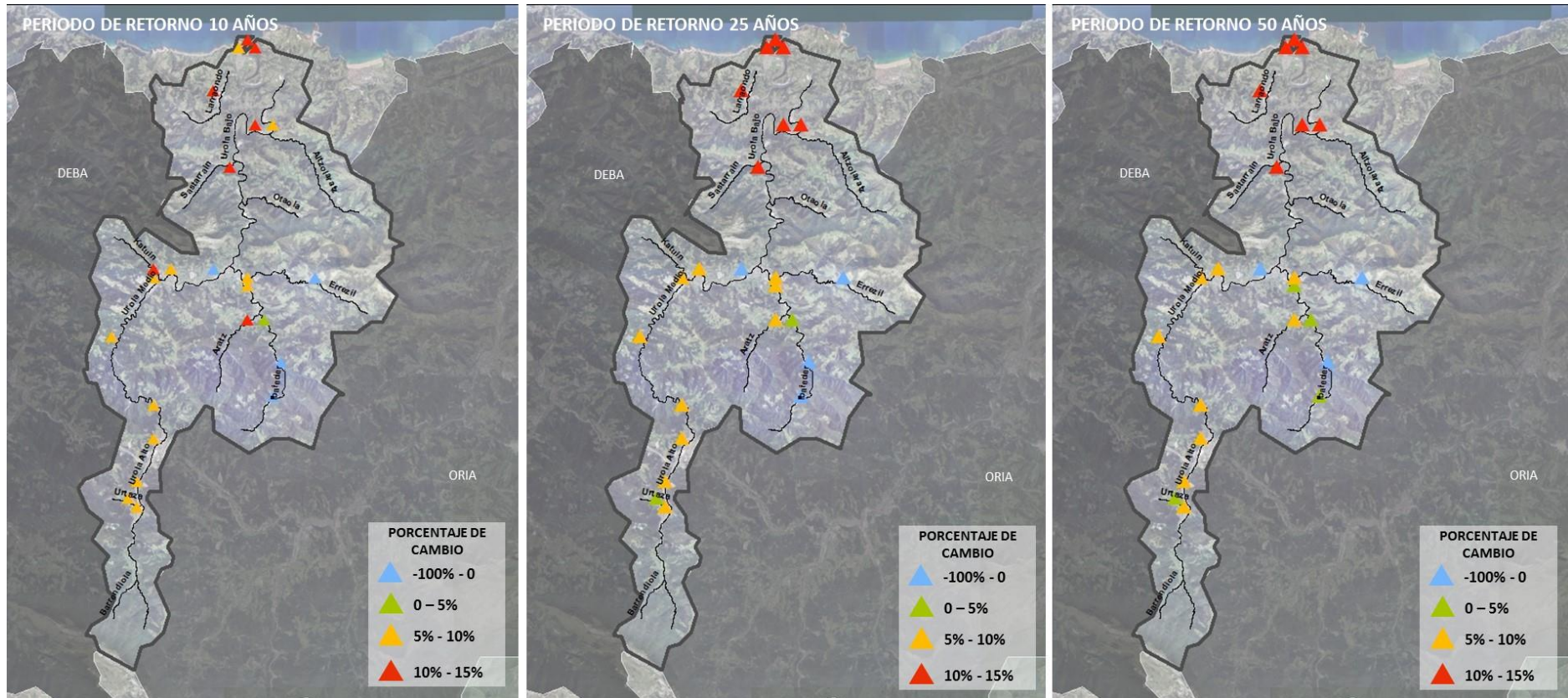
Tabla 13 Variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al clima actual para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Cuenca río Urola

PUNTO DE CONTROL	VARIACIÓN PORCENTUAL RESPECTO AL ESCENARIO DE CLIMA ACTUAL					
	ESCENARIO RCP 4.5			ESCENARIO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
URO-1 Legazpi ag/ar	7,15%	6,44%	5,69%	0,46%	2,81%	3,94%
URO-2 Legazpi	5,53%	4,75%	4,11%	-0,64%	1,53%	2,64%
URO-3 Legazpi ag/ab	7,15%	6,39%	5,66%	0,46%	2,89%	4,08%
URO-4 Zumarraga/Urretzu	6,97%	6,19%	5,45%	0,30%	2,91%	4,24%
URO-5 Aiztu	6,98%	6,13%	5,29%	0,28%	2,95%	4,30%
URO-6 Ormaola-Mendi	7,01%	6,12%	5,26%	-0,26%	2,84%	4,47%
URO-7 Azkoitia ag/ar	7,94%	7,20%	6,41%	-1,57%	1,71%	3,41%
URO-8 Azkoitia	13,43%	15,50%	16,46%	-0,47%	5,48%	9,10%
URO-9 Azkoitia ag/ab	9,66%	9,47%	9,02%	-0,69%	3,14%	5,21%
URO-10 Azpeitia ag/ar	0,00%	0,00%	0,00%	-9,35%	-5,77%	-3,54%
URO-11 Matxinbenta	-1,37%	-0,80%	0,87%	-7,76%	0,80%	8,95%
URO-12 Beizama	-0,54%	-2,61%	-4,21%	-2,01%	1,61%	3,47%
URO-13 Urrestilla ag/ar	3,18%	1,73%	0,48%	0,18%	3,60%	5,20%
URO-14 Urrestilla ag/ar	10,36%	9,31%	8,02%	-0,29%	7,28%	13,69%
URO-15 Ibaieder	6,97%	5,87%	4,76%	1,53%	4,16%	5,07%
URO-16 Artzailuz	-22,48%	-21,86%	-21,73%	-28,07%	-23,46%	-20,84%
URO-17 Azpeitia	7,60%	8,07%	8,02%	-0,23%	5,19%	8,22%
URO-18 Azpeitia ag/ab	19,22%	19,31%	19,02%	1,09%	5,17%	7,33%
URO-19 Zestoa	11,28%	11,89%	11,93%	1,20%	5,79%	8,32%
URO-20 Aizarnazabal	11,66%	12,47%	12,64%	1,19%	6,02%	8,73%
URO-21 Aizarnazabal	9,65%	12,01%	13,27%	-5,16%	1,37%	5,52%
URO-22 Zumaia	12,16%	13,38%	13,82%	0,93%	6,28%	9,35%
URO-23 Arroa-Behea	10,09%	12,90%	14,40%	-6,28%	0,00%	4,06%
URO-24 Zumaia	9,90%	12,65%	14,23%	-6,52%	-0,54%	3,52%
URO-25 Urola	12,50%	14,05%	14,72%	0,80%	6,51%	9,87%

Fuente: Elaboración propia/URA

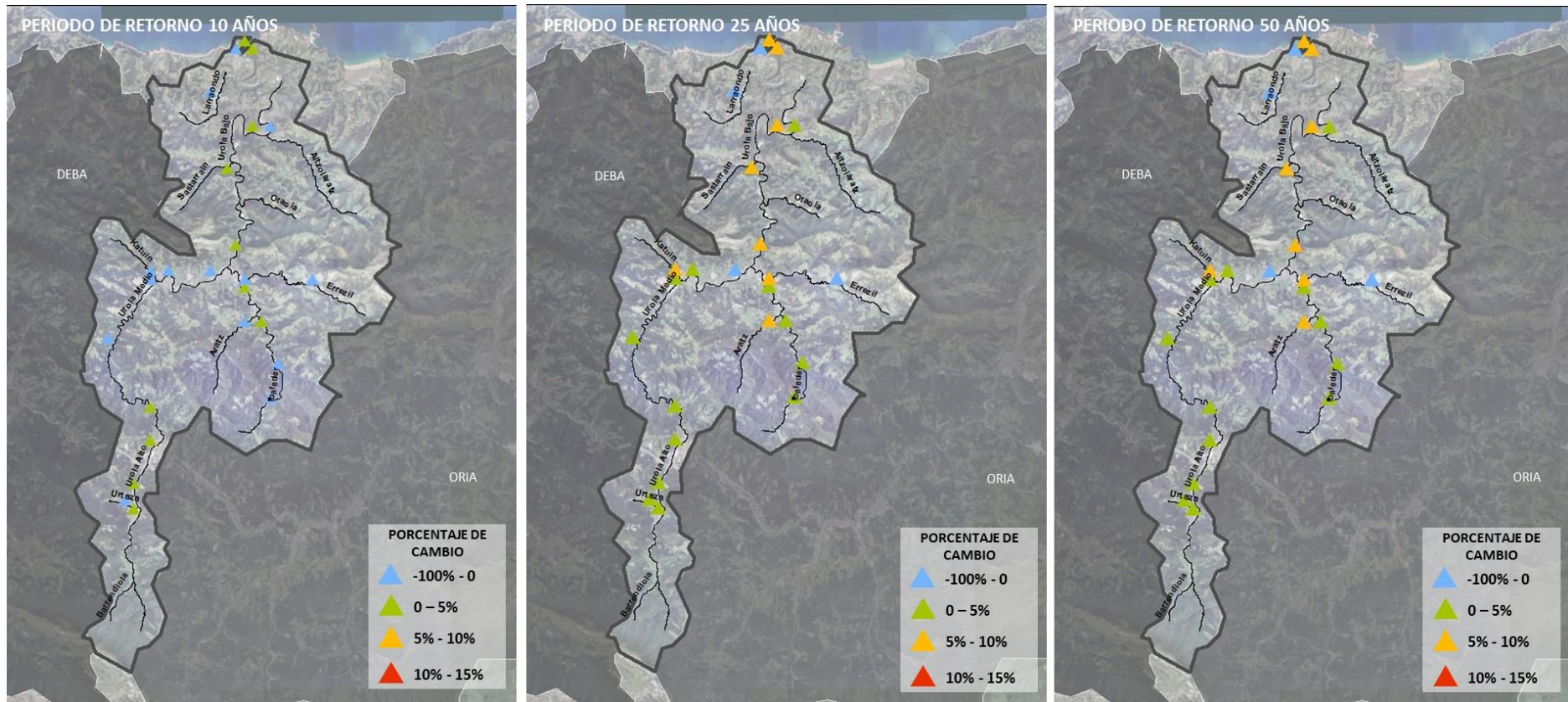
Con objeto de facilitar la interpretación de resultados, a continuación, se muestra de forma esquemática el porcentaje de cambio en cada uno de los puntos de control de caudales de la cuenca del Río Urola para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5

Figura 28 Porcentaje de cambio de caudales Clima Actual-Escenario Cambio Climático RCP 4.5. Cuenca río Urola



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 29 Porcentaje de cambio de caudales Clima Actual-Escenario Cambio Climático RCP 8.5. Cuenca río Urola



Fuente: Elaboración propia/URA

Tal y como se muestra en las tablas y figuras anteriores, se observa como en general, los mayores porcentajes de cambio respecto al escenario de clima actual se observan en el escenario climático RCP 4.5.

En el escenario climático RCP 4.5 los cambios porcentuales de caudal están dentro del mismo orden de magnitud en los tres periodos de retorno estudiados, aunque siendo mayor el incremento en los periodos de retorno mayores, es decir, en este escenario de emisiones, los caudales más extremos tendrían mayor incremento de caudal que los más recurrentes.

Los mayores incrementos porcentuales de caudal en este escenario se dan en la cuenca baja. El incremento es generalizado en toda la cuenca, a excepción del afluente Errezil, donde se produciría una disminución de caudal respecto al clima actual.

A este respecto, es en los afluentes Errezil e Ibai-Eder donde fundamentalmente, con base a los resultados del modelo, se proyectarían las disminuciones de caudal más significativas de la cuenca del río Urola en el escenario de cambio climático RCP 4.5.

Esto es debido, básicamente, al aumento de los valores de evapotranspiración, unido a la disminución de las precipitaciones máximas diarias en el escenario de cambio climático RCP 4.5 en las estaciones meteorológicas de la parte alta de la cuenca (de acuerdo a las series estocásticas empleadas en el modelo).

Para su justificación, a continuación, se muestra una tabla con los valores extremales de precipitación máxima diaria para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años, obtenidos a partir de las series estocásticas de precipitaciones consideradas en el modelo, en los escenarios de Clima actual y de Cambio Climático RCP 4.5.

Tabla 14 Comparativa de los valores extremales de Precipitación máxima diaria en los escenarios de clima actual y RCP 4.5 de Cambio Climático. Cuenca del río Urola.

Nombre de la estación	Periodo de retorno					
	10 años		25 años		50 años	
	Actual	E1	Actual	E1	Actual	E1
C0DB Aitzu	93.57	92.06	113.03	104.65	128.25	113.20
C0DD Aizamazabal	83.07	90.83	98.24	106.87	109.48	118.58
C0DC Ibai-Eder	89.70	95.33	106.8	110.92	119.79	122.03
CODE Matxinbenta	88.25	89.15	107.59	102.51	123.03	111.80

Fuente: Elaboración propia/URA

Tal y como se muestra en la tabla, es en las estaciones de Aitzu y Matxinbenta donde se proyecta la disminución de los valores extremales de precipitación en el escenario de cambio climático RCP 4.5, respecto al clima actual. Ambas estaciones están localizadas en la parte alta de la cuenca del río Urola, siendo la estación Matxinbenta la que se localiza en la parte alta del afluente Ibai-Eder.

En el caso de la estación Matxinbenta, el valor extremal de precipitación máxima diaria apenas aumenta para el periodo de retorno de 10 años respecto al escenario de clima actual. Para los periodos de retorno de 25 y 50 años se proyectarían disminuciones del valor extremal de precipitación máxima diaria de aproximadamente un 5% y un 9%, respectivamente.

Referente al escenario RCP 8.5, los incrementos de caudal son más moderados, produciéndose incluso una disminución de los mismos en la cuenca media.

6.4. CUENCA RÍO URUMEA

El río Urumea nace en el Puerto de Ezkurra (Navarra) a 650 m de altitud, y desemboca en Donostia/San Sebastian, por tanto, su cuenca se reparte entre el Territorio Histórico de Gipuzkoa y la Comunidad Foral de Navarra.

La cuenca hidrográfica tiene una superficie de aproximadamente 279 km² y el curso principal recorre una longitud de 45, 5 km. estando regulada en su parte alta por el embalse de Añarbe.

Figura 30 Cuenca río Urumea



Fuente: Elaboración propia

Sus principales afluentes son los ríos Añarbe, Arano y Olaberri.

El modelo TETIS para la cuenca del río Urumea considera un total de 3 estaciones meteorológicas, siendo estas las que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 15 Estaciones meteorológicas consideradas en el modelo TETIS de la cuenca del río Urumea

NOMBRE DE LA ESTACION
C080 Añarbe
C0F0 Erenozu
VAUR Virtual Urumea

Fuente: URA

Como puntos de control del modelo para la obtención de los valores de caudal, el modelo TETIS establece un total de 11, los cuales se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 16 Puntos de control de caudal en el modelo TETIS de la cuenca del río Urumea

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS	
	X	Y
URU-1 Añarbe EA	593250	4786750
URU-2 Añarbe	591750	4785250
URU-3 Landarbaso	588250	4786750
URU-4 Confluencia Urumea	586750	4786750
URU-5 Ereñozu	585750	4788750
URU-6 Hernani	584750	4791750
URU-7 Hernani	581750	4789750
URU-9 San Sebastián	584750	4793250
URU-10 Confluencia Urumea	585250	4793250
URU-11 Urumea	582750	4796750
URU-12 San Sebastián	580750	4796750
URU-11 Añarbe EA	593250	4786750

Fuente: URA

6.4.1. ANALISIS DE LOS VALORES EXTREMALES DE CAUDAL

El modelo TETIS proporciona como resultado de la simulación una serie de caudales horarios para una duración de 500 años en cada uno de los puntos de control establecidos y para los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Así, para la obtención de valores extremales de caudal máximo diario se ha realizado un ajuste estadístico de las series de caudales simulados para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los tres escenarios climáticos considerados. Los caudales extremales obtenidos son resultado del promedio de los valores obtenidos mediante las funciones de distribución Gumbel, Log-Pearson Tipo III y SQRT

Una vez obtenidos los valores extremales se ha procedido a comparar resultados obtenidos, lo cual permite establecer la variación porcentual de caudales en cada uno de los puntos de control, en los escenarios de cambio climático respecto al escenario de clima actual.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra la variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al escenario de clima actual, en los puntos de control establecidos para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años.

Tabla 17 Variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al clima actual para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Cuenca río Urumea

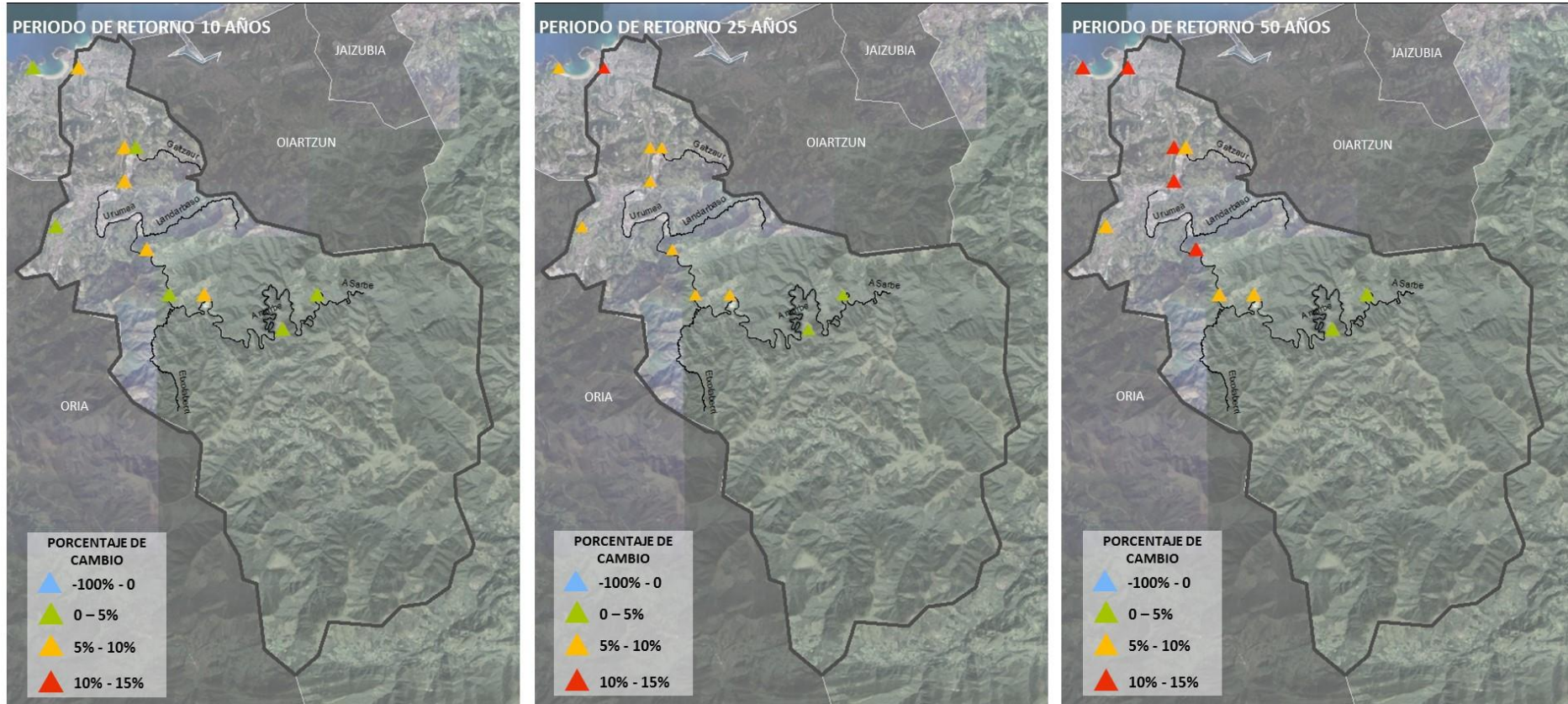
PUNTO DE CONTROL	VARIACIÓN PORCENTUAL RESPECTO AL ESCENARIO DE CLIMA ACTUAL					
	ESCENARIO RCP 4.5			ESCENARIO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
URU-1 Añarbe EA	1.71%	2.57%	3.15%	0.39%	1.08%	1.44%
URU-2 Añarbe	2.01%	3.06%	3.78%	0.86%	1.54%	1.89%
URU-3 Landarbaso	5.26%	7.75%	9.53%	3.32%	4.72%	5.65%

PUNTO DE CONTROL	VARIACIÓN PORCENTUAL RESPECTO AL ESCENARIO DE CLIMA ACTUAL					
	ESCENARIO RCP 4.5			ESCENARIO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
URU-4 Confluencia Urumea	3.40%	5.93%	7.63%	6.49%	7.48%	7.84%
URU-5 Ereñozu	6.24%	8.97%	10.94%	4.88%	6.35%	7.31%
URU-6 Hernani	6.59%	9.33%	11.29%	5.45%	6.89%	7.82%
URU-7 Hernani	3.26%	6.10%	8.08%	4.70%	5.70%	6.06%
URU-9 San Sebastián	7.03%	9.90%	11.94%	6.20%	7.56%	8.41%
URU-10 Confluencia Urumea	3.71%	6.97%	9.16%	4.94%	6.44%	7.09%
URU-11 Urumea	7.34%	10.24%	12.29%	6.79%	8.12%	8.93%
URU-12 San Sebastián	4.68%	7.95%	10.26%	5.42%	7.04%	7.93%

Fuente: Elaboración propia/URA

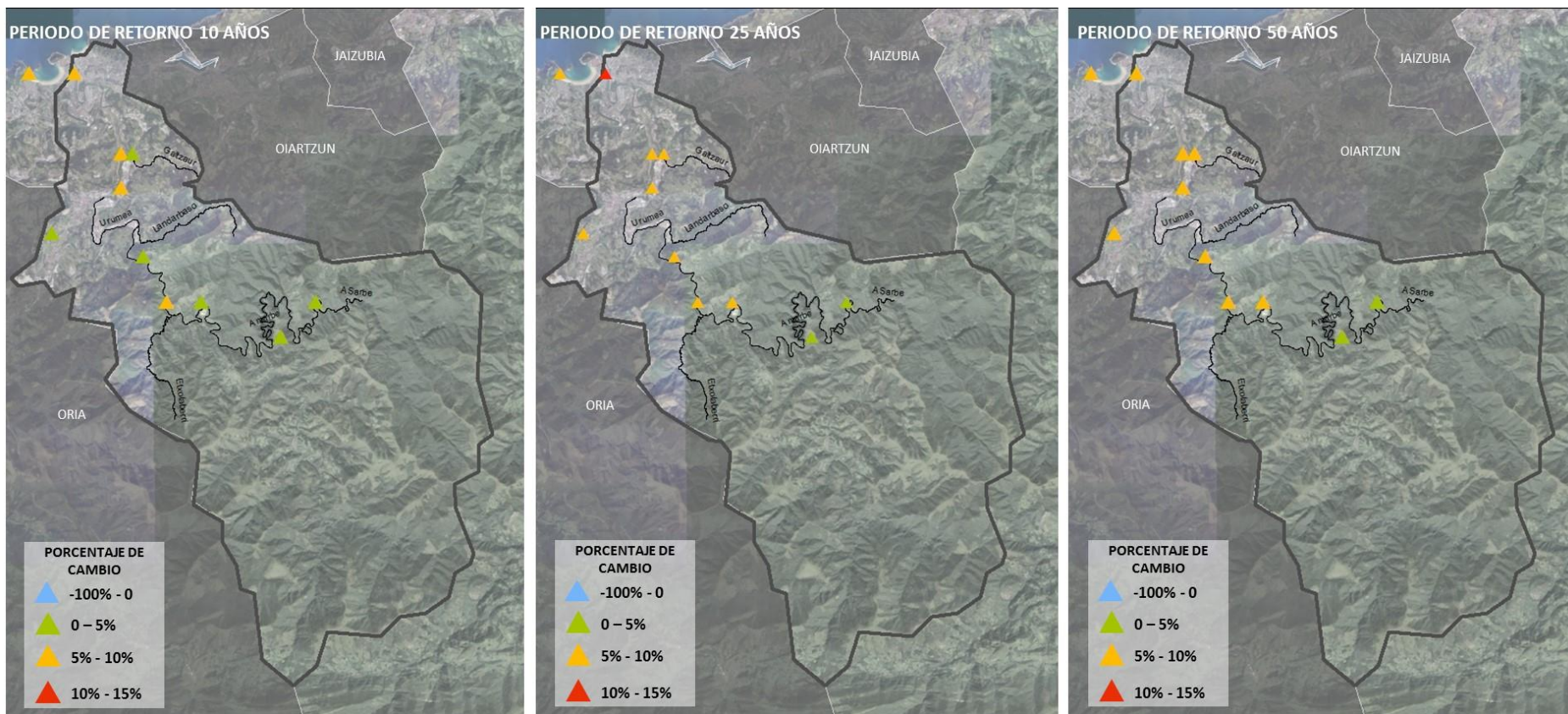
A continuación, se muestra de forma esquemática la representación del porcentaje de cambio en cada uno de los puntos de control de caudales de la cuenca del río Urumea para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Figura 31 Porcentaje de cambio de caudales Clima Actual-Escenario Cambio Climático RCP 4.5. Cuenca río Urumea



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 32 Porcentaje de cambio de caudales Clima Actual-Escenario Cambio Climático RCP 8.5. Cuenca río Urumea



Fuente: Elaboración propia/URA

Análogamente a los casos anteriores, se observa como en general, los mayores porcentajes de cambio respecto al escenario de clima actual se observan en el escenario climático RCP4.5.

Referente al escenario climático RCP 4.5 se producen aumentos de caudal en toda la cuenca fundamentalmente comprendidos entre un 0 y un 10% para todos los periodos de retorno.

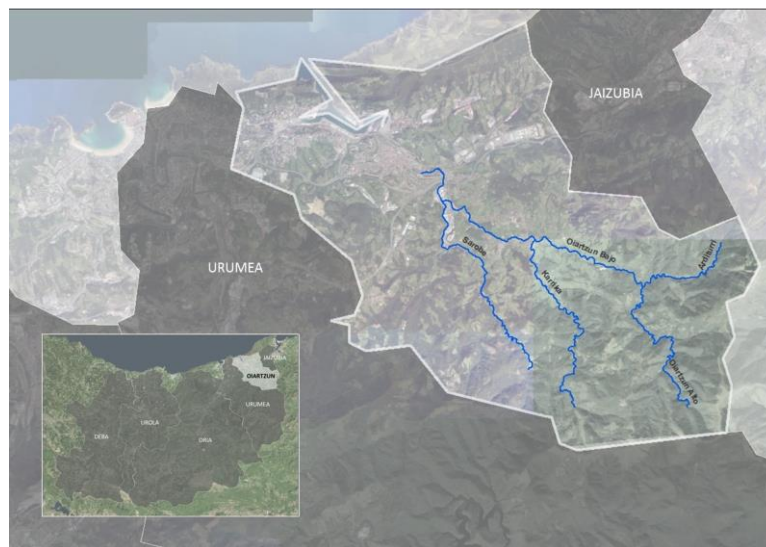
Los mayores cambios porcentuales de caudal (10-15%) se producen a lo largo del curso principal, aguas abajo de la confluencia con el arroyo Landarbaso para el periodo de retorno de 50 años.

Las variaciones de caudal en el escenario RCP 8.5 señalan también aumentos de caudal en todos los periodos de retorno, aunque inferiores a los proyectados en el escenario RCP 4.5.

6.5. CUENCA RÍO OIARTZUN

La cuenca del río Oiartzun, con una superficie de 85.27 km², es la cuenca de menor superficie de las analizadas. La cuenca alta presenta una topografía abrupta, suavizándose en el curso medio, habiéndose desarrollado una llanura de inundación significativa. Es la de mayor pluviosidad de la región, con medias en torno a 2000 mm. Se caracteriza por un importante desarrollo de suelos y los bosques.

Figura 33 Cuenca río Oiartzun



Fuente: Elaboración propia

El modelo TETIS para la cuenca del río Oiartzun considera un total de 2 estaciones meteorológicas, siendo estas las que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 18 Estaciones meteorológicas consideradas en el modelo TETIS de la cuenca del río Oiartzun

NOMBRE DE LA ESTACION
C0F4 Oiartzun
C080 Añarbe

Fuente: URA

Como puntos de control del modelo para la obtención de los valores de caudal, en el modelo TETIS se establece un total de 7, cuya ubicación se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 19 Puntos de control de caudal en el modelo TETIS de la cuenca del río Oiartzun

PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS	
	X	Y
OIA-1 Altzibar ag/ar	593250	4794250
OIA-2 Altzibar	592750	4793750
OIA-3 Altzibar ag/ab	590750	4794750
OIA-4 Oiartzun	590250	4794750
OIA-5 Oiartzun ag/ar	590250	4795250
OIA-6 Oiartzun	590250	4795750
OIA-7 Oiartzun	588750	4796750

Fuente: URA

A continuación, en el siguiente apartado, se muestran los resultados obtenidos del análisis de valores de caudal extremal en los distintos puntos de control para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en la cuenca del río Oiartzun.

6.5.1. ANALISIS DE LOS VALORES EXTREMALES DE CAUDAL

Al igual que para el resto de las cuencas analizadas, el modelo TETIS proporciona como resultado de la simulación una serie de caudales horarios para una duración de 500 años en cada uno de los puntos de control establecidos y para los escenarios de clima actual y de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Así, para la obtención de valores extremales de caudal máximo diario se ha realizado un ajuste estadístico de las series de caudales simulados para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los tres escenarios climáticos considerados. Los caudales extremales obtenidos son resultado del promedio de los valores obtenidos mediante las funciones de distribución Gumbel, Log-Pearson Tipo III y SQRT

Una vez obtenidos los valores extremales se ha procedido a comparar resultados obtenidos, lo cual permite establecer la variación porcentual de caudales en cada uno de los puntos de control, en los escenarios de cambio climático respecto al escenario de clima actual.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra la variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al escenario de clima actual, en los puntos de control establecidos para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años.

Tabla 20 Variación porcentual de caudales en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 respecto al clima actual para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Cuenca río Oiartzun

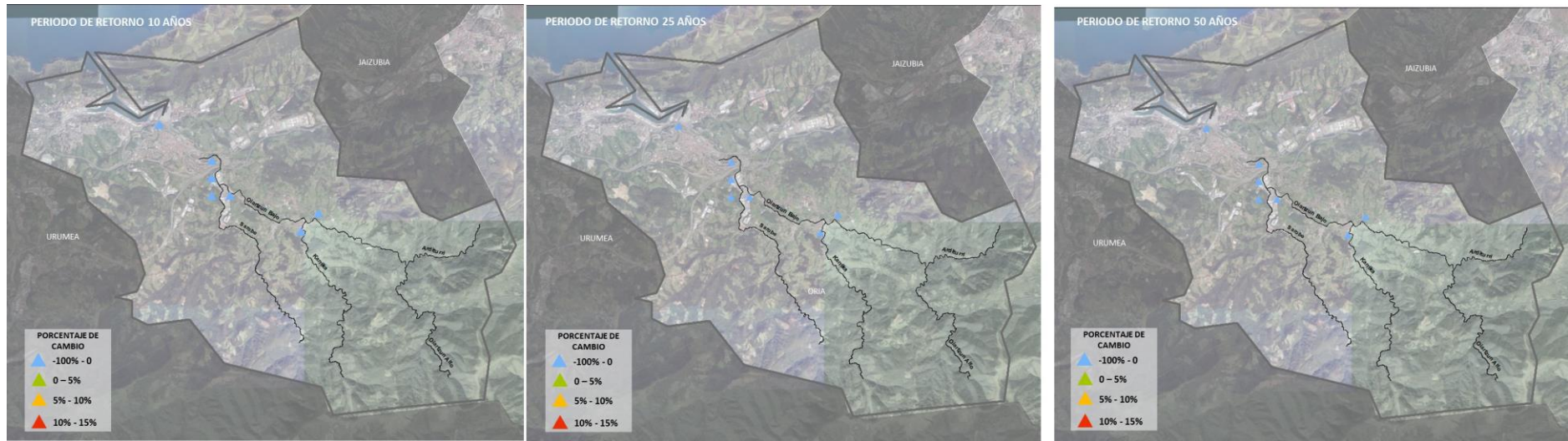
PUNTO DE CONTROL	VARIACIÓN PORCENTUAL RESPECTO AL ESCENARIO DE CLIMA ACTUAL					
	ESCENARIO RCP 4.5			ESCENARIO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
OIA-1 Altzibar ag/ar	-1,83%	-2,09%	-2,27%	1,77%	3,10%	3,97%
OIA-2 Altzibar	-3,41%	-3,66%	-3,83%	-0,67%	0,42%	1,11%
OIA-3 Altzibar ag/ab	-1,23%	-1,34%	-1,43%	2,81%	4,04%	4,81%
OIA-4 Oiartzun	-1,07%	-0,95%	-0,84%	3,36%	4,65%	5,52%
OIA-5 Oiartzun ag/ar	-0,91%	-0,93%	-0,94%	3,59%	4,86%	5,67%
OIA-6 Oiartzun	-1,91%	-2,68%	-3,14%	0,18%	0,15%	0,20%

PUNTO DE CONTROL	VARIACIÓN PORCENTUAL RESPECTO AL ESCENARIO DE CLIMA ACTUAL					
	ESCENARIO RCP 4.5			ESCENARIO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
OIA-7 Oiartzun	-0,63%	-0,53%	-0,42%	3,84%	4,99%	5,74%

Fuente: Elaboración propia/URA

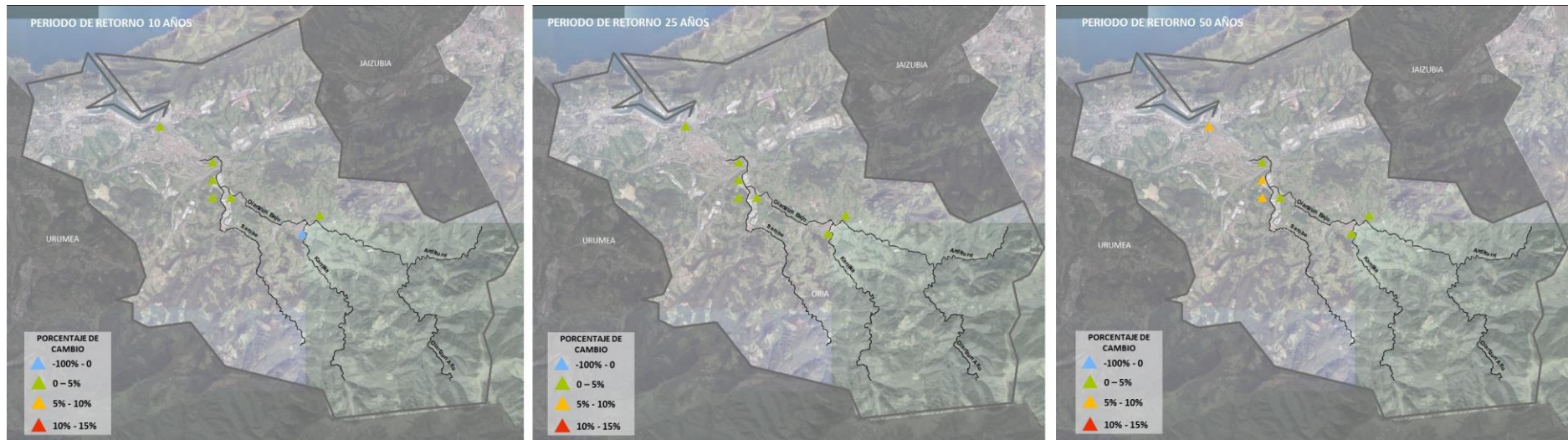
Con objeto de facilitar la interpretación de resultados, a continuación, se muestra de forma esquemática el porcentaje de cambio en cada uno de los puntos de control de caudales de la cuenca del Río Oiartzun para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5

Figura 34 Porcentaje de cambio de caudales Clima Actual-Escenario Cambio Climático RCP 4.5. Cuenca río Oiartzun



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 35 Porcentaje de cambio de caudales Clima Actual-Escenario Cambio Climático RCP 8.5. Cuenca río Oiartzun



Fuente: Elaboración propia/URA

Al contrario que sucede en los casos anteriores, los resultados de caudales obtenidos señalan un aumento porcentual superior en el escenario de cambio climático RCP 8.5.

Para este escenario, se producen en general aumentos de un 0-5% para toda la cuenca. El mayor incremento porcentual de caudales tiene lugar en el periodo de retorno de 50 años en el afluente Karrika y en el curso principal del río Oiartzun aguas abajo de la confluencia con dicho afluente.

El escenario 4.5 señala para toda la cuenca y en todos los periodos de retorno la disminución de caudales.

7. MODELOS HIDRÁULICOS

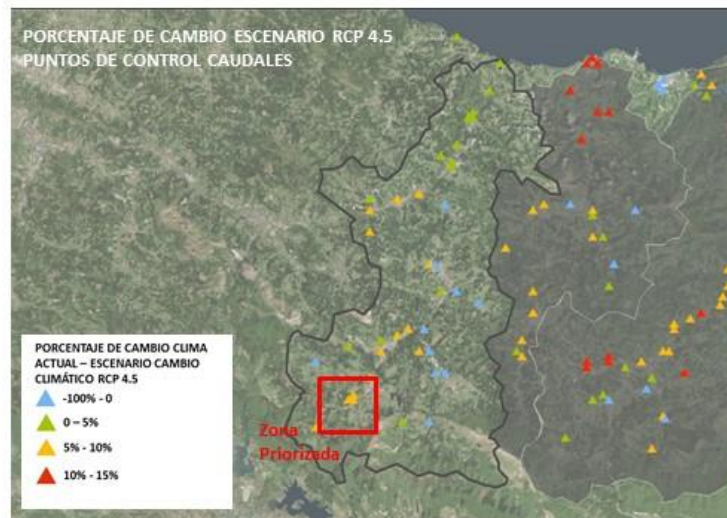
Para la priorización de los tramos a modelizar hidráulicamente, se han cruzado los mapas de porcentaje de cambio obtenidos en los escenarios RCP 4.5 (E1) y RCP 8.5 (E2) con los mapas de riesgo para la población de la URA correspondientes a la zona de estudio para la amenaza de inundación en el periodo de retorno de 100 años.

Así, se ha procurado que los tramos priorizados representasen una zona de riesgo a la vez que un incremento en los caudales por los cambios de condiciones debidos al cambio climático.

Referente a las zonas propuestas inicialmente para su estudio hidráulico, resulta preciso destacar que en el caso del tramo de San Prudentzio, en la cuenca del Río Deba, los resultados del Modelo hidrológico TETIS apuntan una tendencia de disminución de los caudales en los dos escenarios de cambio climático.

A continuación, se muestra para las cuencas de los ríos Deba, Oria, Urola, Urumea y Oiartzun los encuadres para la localización de las zonas priorizadas, así como los mapas de calados resultado de los modelos obtenidos del modelo hidráulico HEC-RAS en los escenarios de clima actual y de cambio climático.

CUENCA RÍO DEBA



- ESCENARIO PÉSIMO CAMBIO CLIMÁTICO: E1 (RCP 4.5)
- PORCENTAJE DE CAMBIO SOBRE CAUDALES DE CLIMA ACTUAL MODELO HEC-RAS
- LOCALIZACIÓN: ESCORIATZA

PUNTOS DE CONTROL	PORCENTAJE DE CAMBIO CLIMA ACTUAL-ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO RCP 4.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
DEB-4 Eskoriatza	8.79%	9.77%	9.99%

Figura 36 Mapa calados Tramo Escoriatza (Cuenca río Deba). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 37 Mapa calados Tramo Escoriatza (Cuenca río Deba). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 38 Mapa calados Tramo Escoriatza (Cuenca río Deba). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 39 Mapa calados Tramo Escoriatza (Cuenca río Deba). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 40 Mapa calados Tramo Escoriatza (Cuenca río Deba). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 41 Mapa calados Tramo Escoriatza (Cuenca río Deba). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 42 Mapa comparativo calados Tramo Escoriatza (Cuenca río Deba). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 43 Mapa comparativo calados Tramo Escoriatza (Cuenca río Deba). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 25 años.



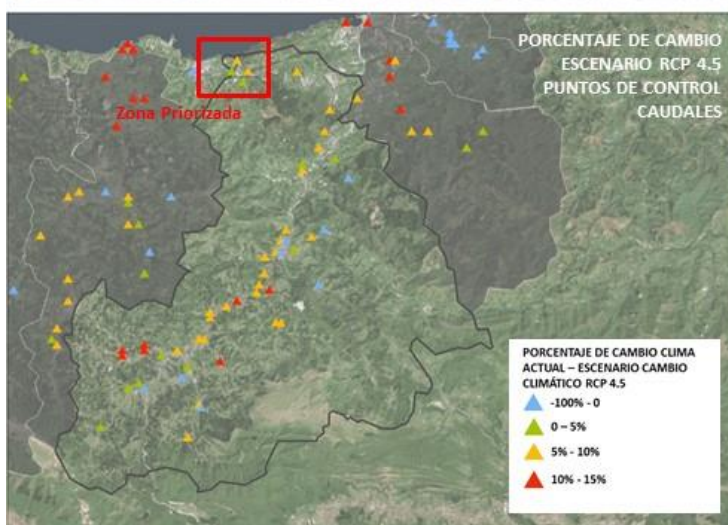
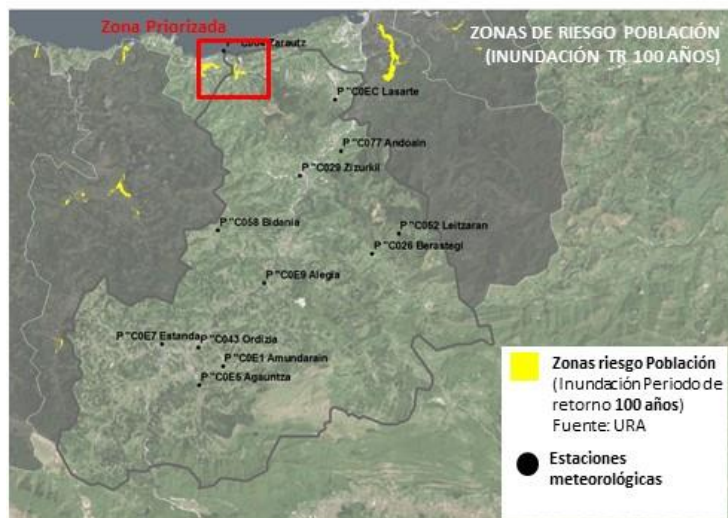
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 44 Mapa comparativo calados Tramo Escoriatza (Cuenca río Deba). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

CUENCA RÍO ORIA



- **ESCENARIO PÉSIMO CAMBIO CLIMÁTICO: E1 (RCP 4.5)**
- **PORCENTAJE DE CAMBIO SOBRE CAUDALES DE CLIMA ACTUAL MODELO HEC-RAS**
- **LOCALIZACIÓN: TRAMO ZUBIETA - ORIO**

PUNTOS DE CONTROL	PORCENTAJE DE CAMBIO CLIMA ACTUAL-ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO RCP 4.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
ORI-42 Andoaín EA/Zubieta	5.77%	7.29%	8.12%
ORI-43 Usurbil	5.73%	7.28%	8.14%
ORI-45 Orío	2.26%	1.95%	1.55%
ORI-46 Orío	2.57%	2.44%	2.22%

Figura 45 Mapa calados Tramo Zubieta-Orio (Cuenca río Oria). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 46 Mapa calados Tramo Zubieta-Orio (Cuenca río Oria). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 47 Mapa calados Tramo Zubieta-Orio (Cuenca río Oria). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 48 Mapa calados Tramo Zubieta-Orio (Cuenca río Oria). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 49 Mapa calados Tramo Zubieta-Orio (Cuenca río Oria). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 50 años.



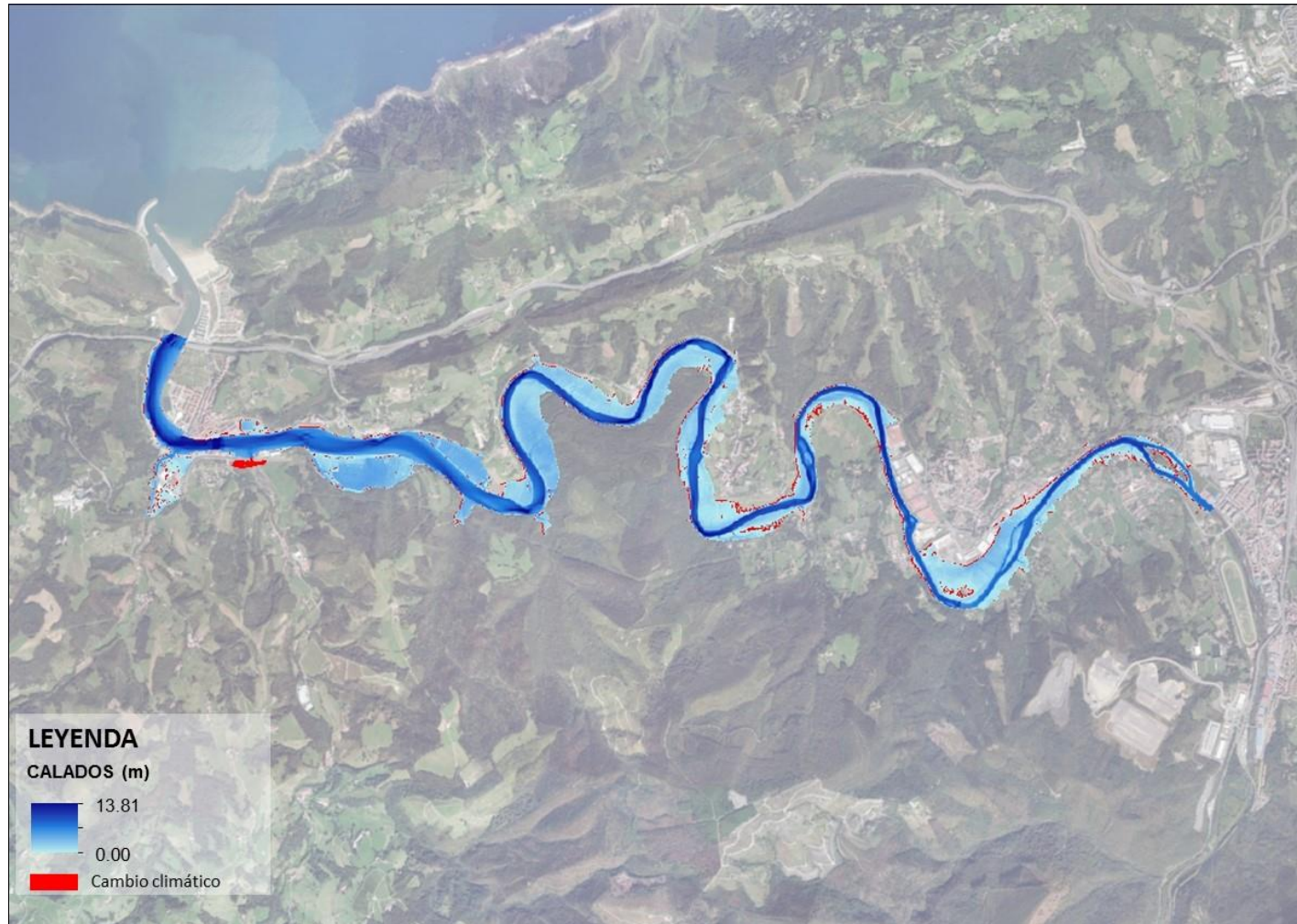
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 50 Mapa calados Tramo Zubieta-Orio (Cuenca río Oria). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 51 Mapa comparativo calados Tramo Zubieta-Orio (Cuenca río Oria). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 10 años.



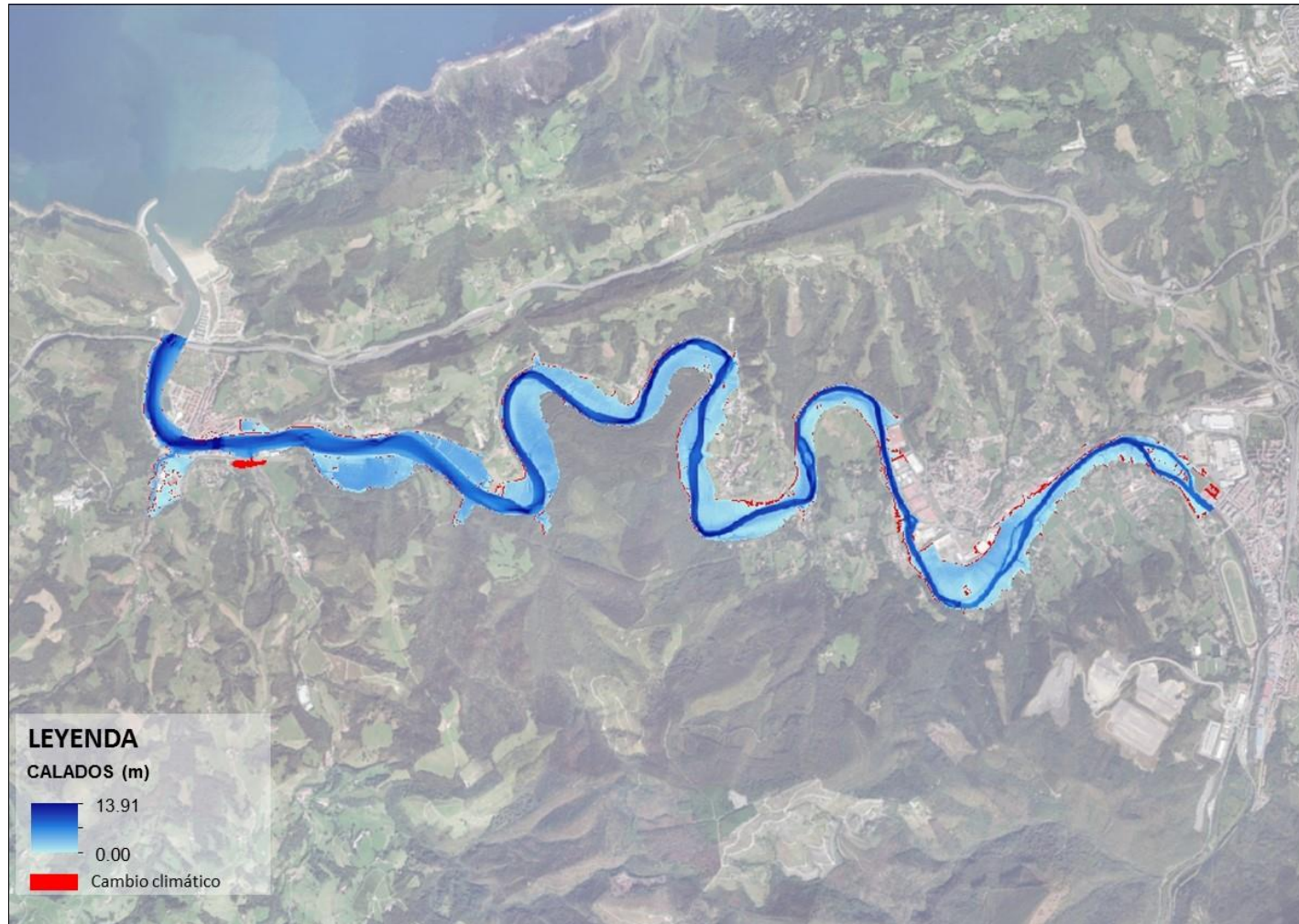
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 52 Mapa comparativo calados Tramo Zubieta-Orio (Cuenca río Oria). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 25 años.



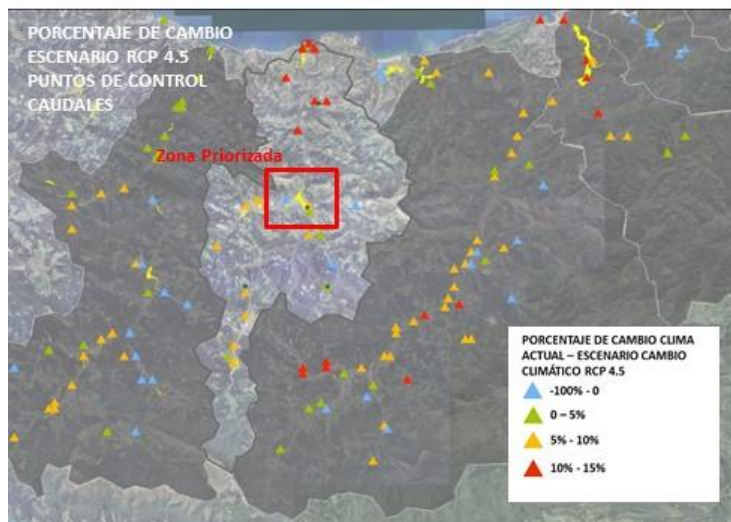
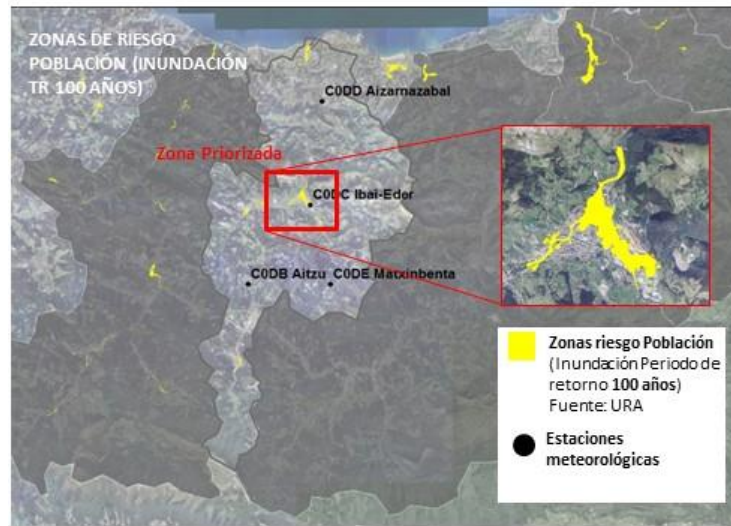
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 53 Mapa comparativo calados Tramo Zubieta-Orio (Cuenca río Oria). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

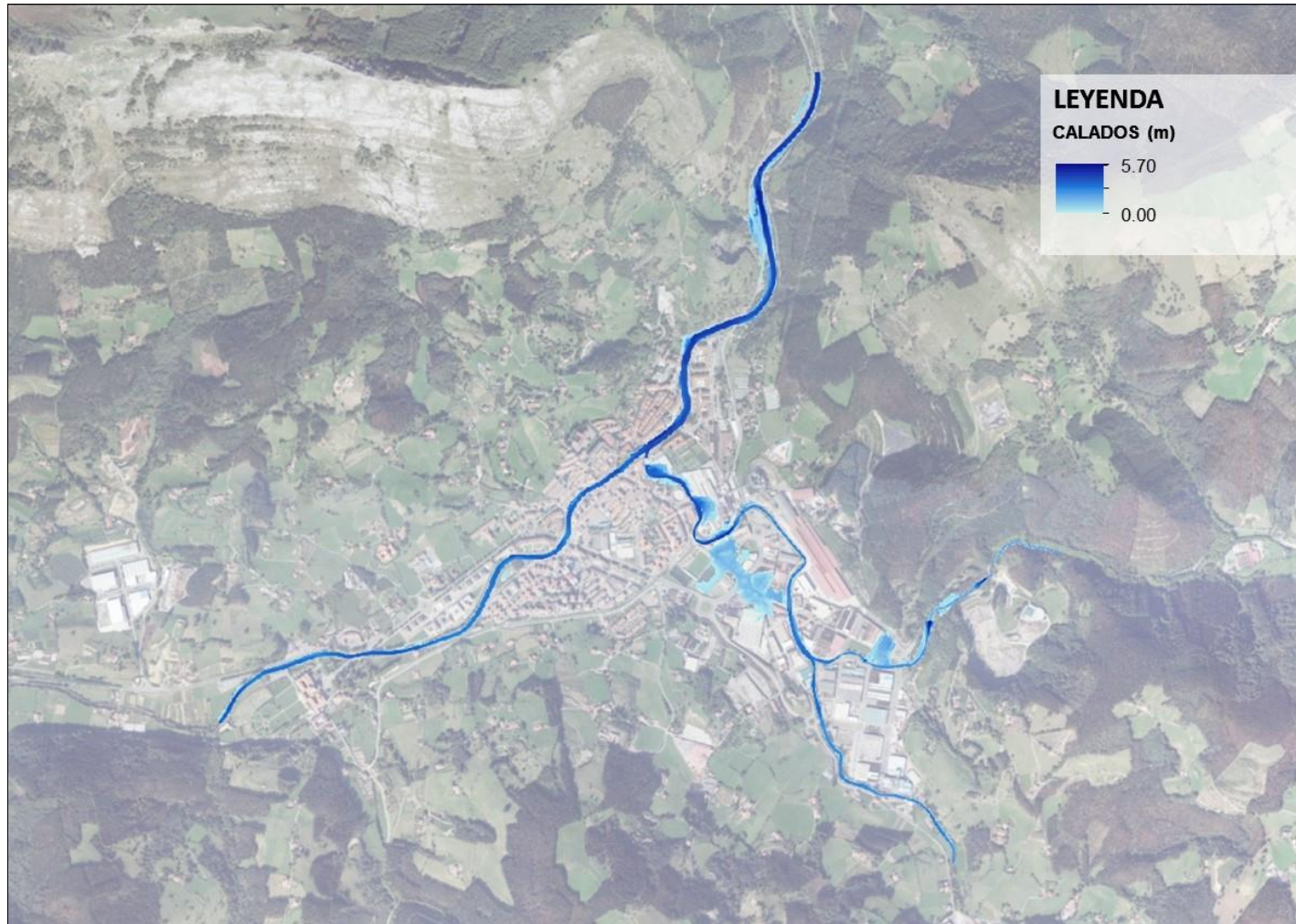
CUENCA RÍO UROLA



- **ESCENARIO PÉSIMO CAMBIO CLIMÁTICO: E1 (RCP 4.5)**
- **PORCENTAJE DE CAMBIO SOBRE CAUDALES DE CLIMA ACTUAL MODELO HEC-RAS**
- **LOCALIZACIÓN: AZPEITIA**

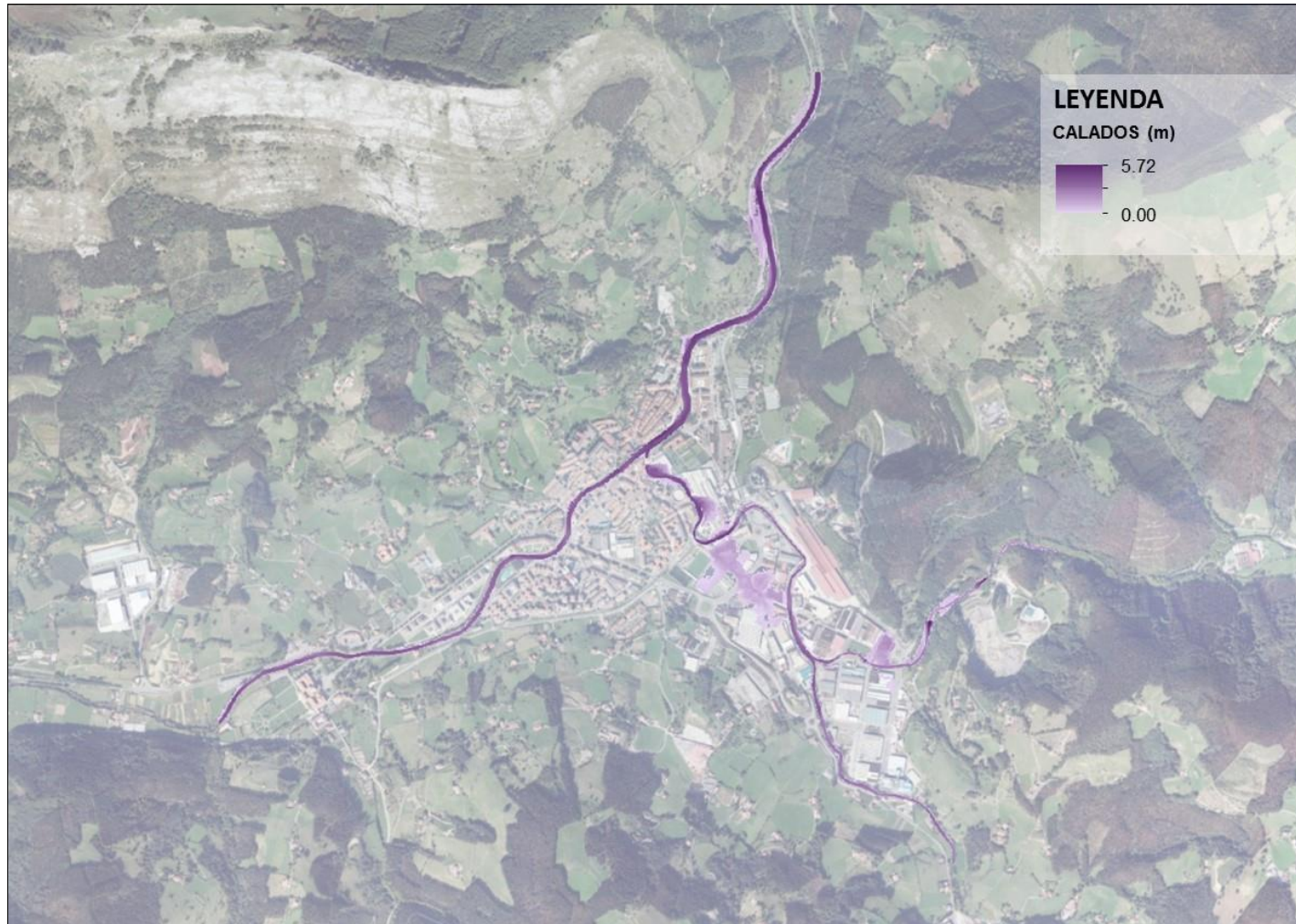
PUNTOS DE CONTROL	PORCENTAJE DE CAMBIO CLIMA ACTUAL-ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO RCP 4.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
URO-15 Ibaieder	6.97%	5.87%	4.76%
URO-17 Azpeitia	7.60%	8.07%	8.02%

Figura 54 Mapa calados Tramo Azpeitia (Cuenca río Urola). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 10 años.



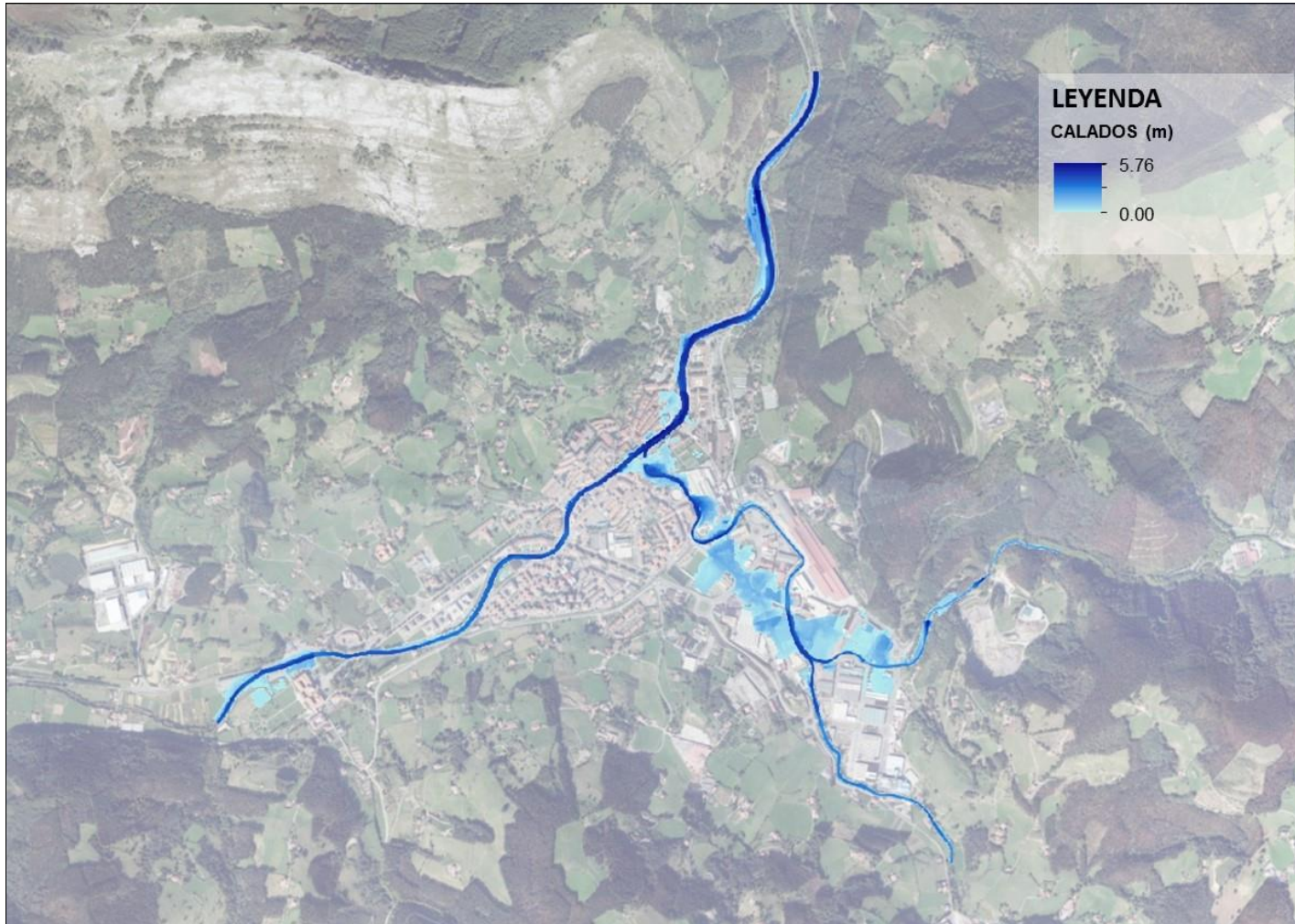
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 55 Mapa calados Tramo Azpeitia (Cuenca río Urola). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 10 años.



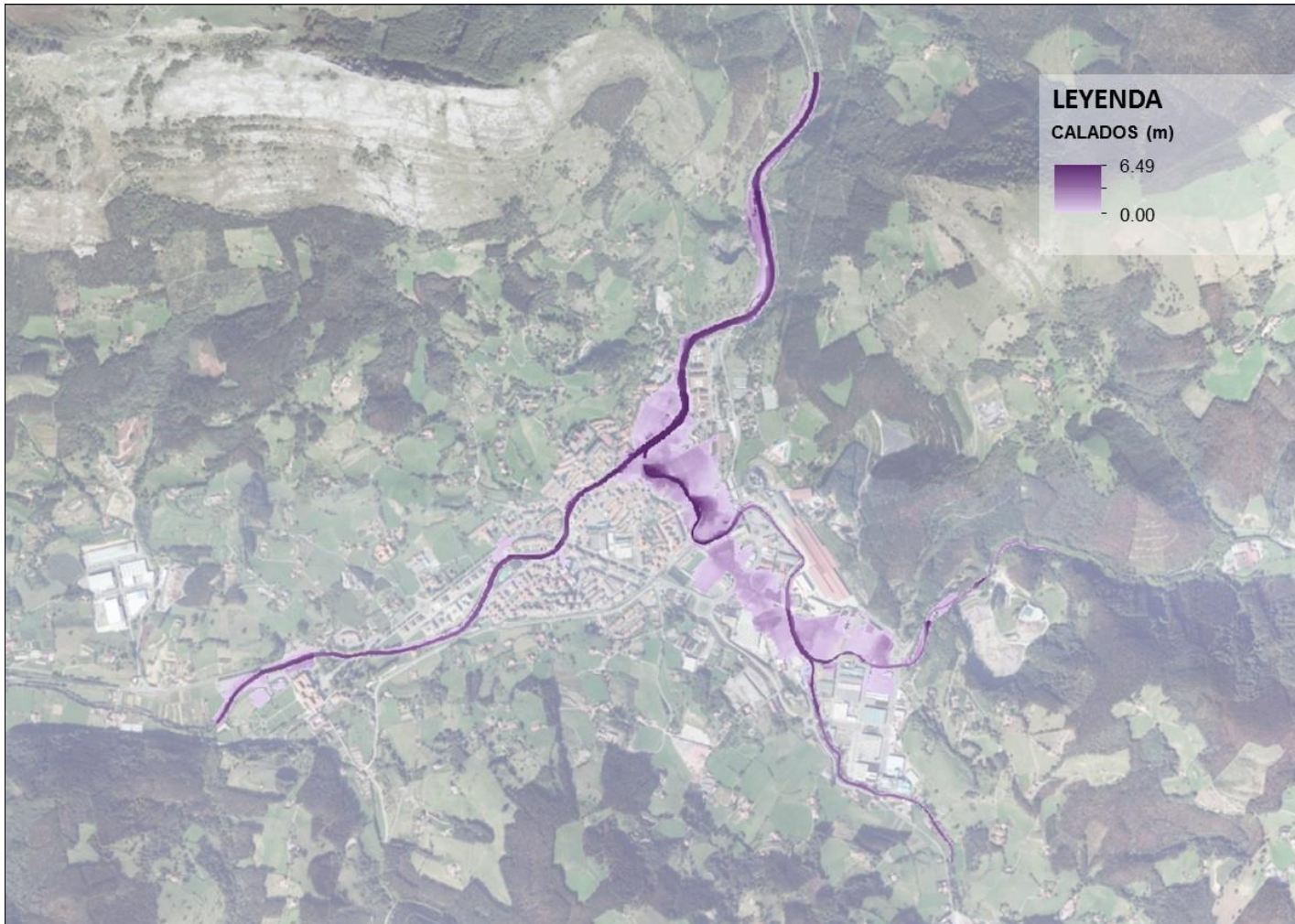
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 56 Mapa calados Tramo Azpeitia (Cuenca río Urola). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 25 años.



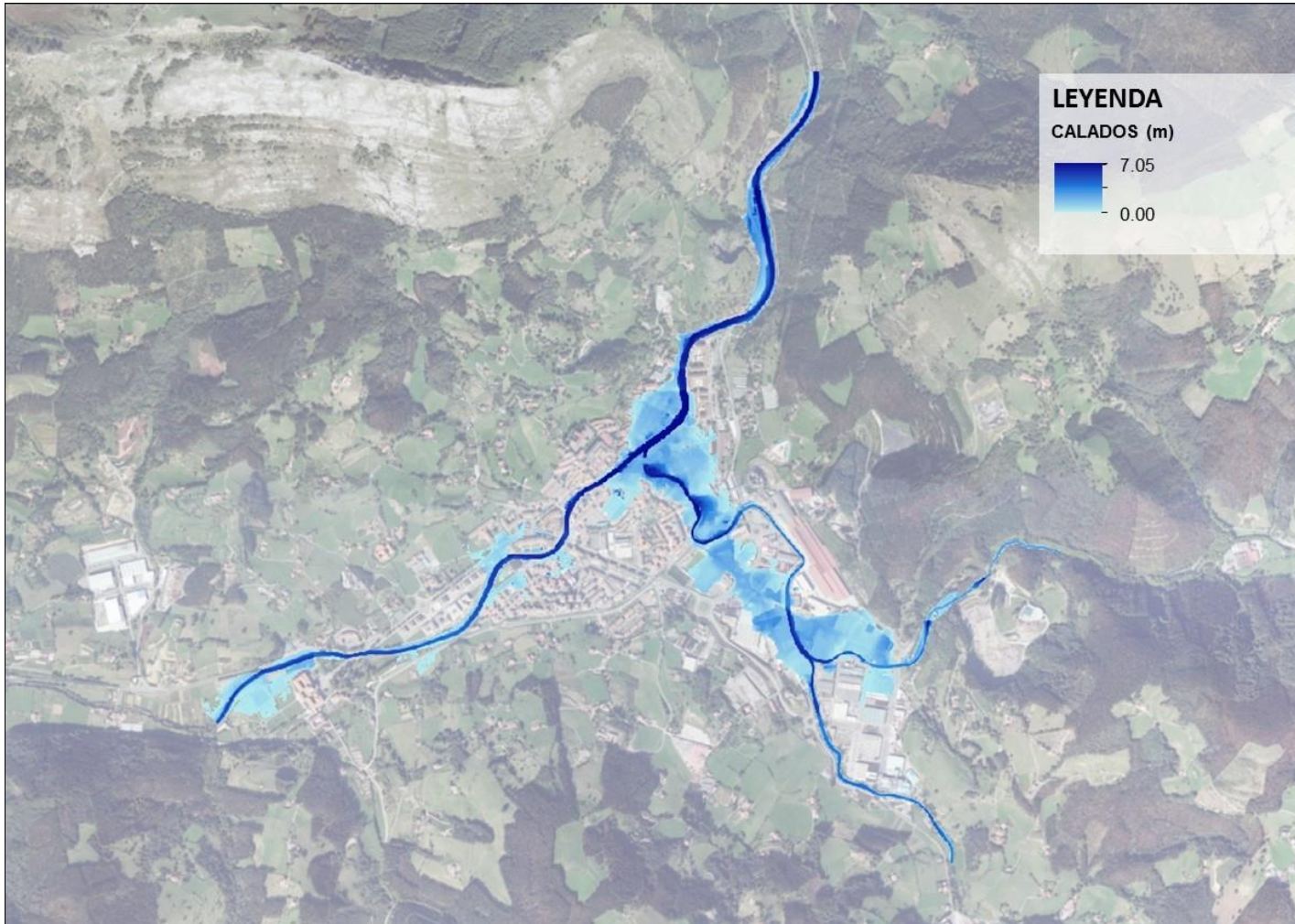
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 57 Mapa calados Tramo Azpeitia (Cuenca río Urola). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 25 años.



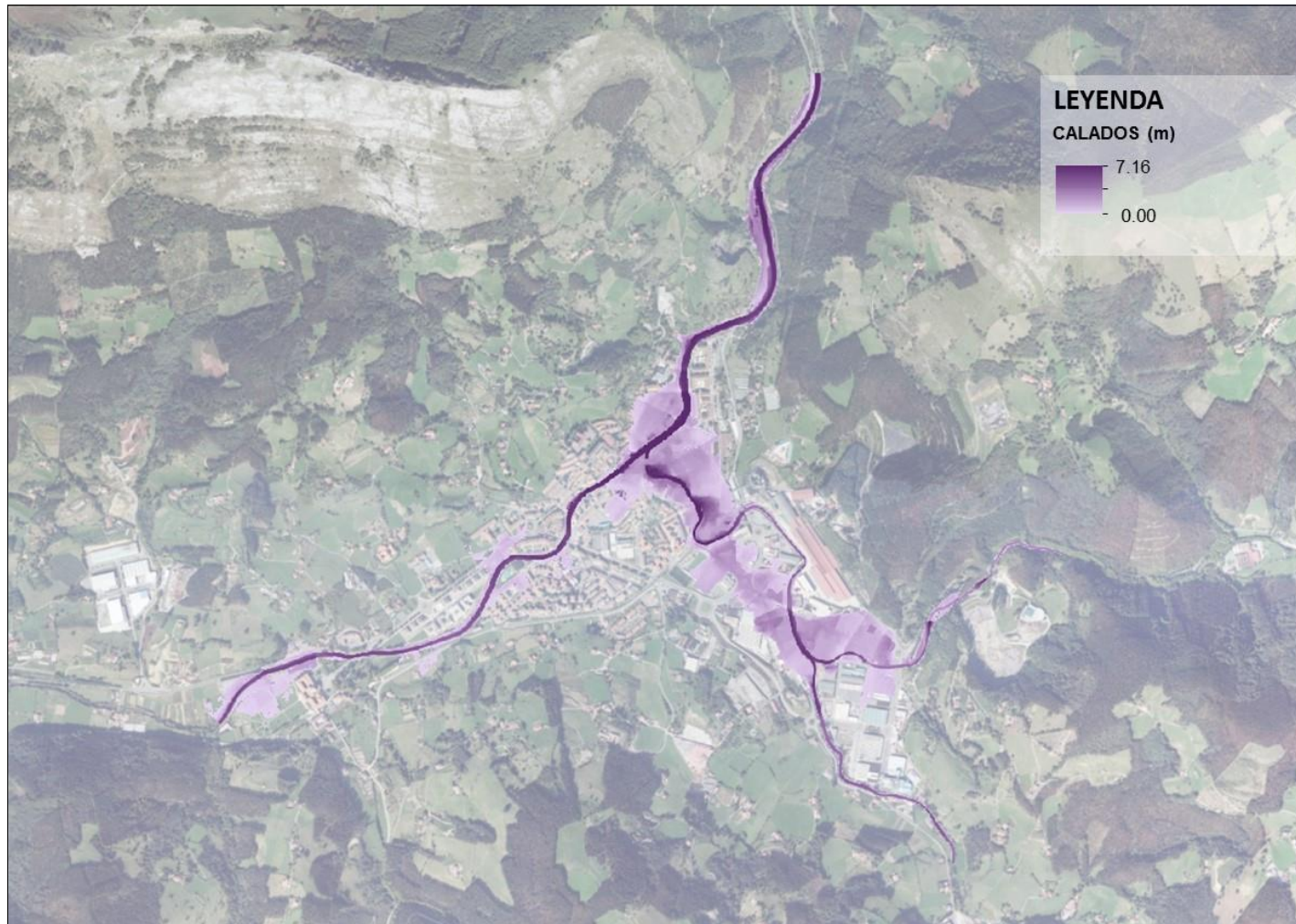
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 58 Mapa calados Tramo Azpeitia (Cuenca río Urola). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 50 años.



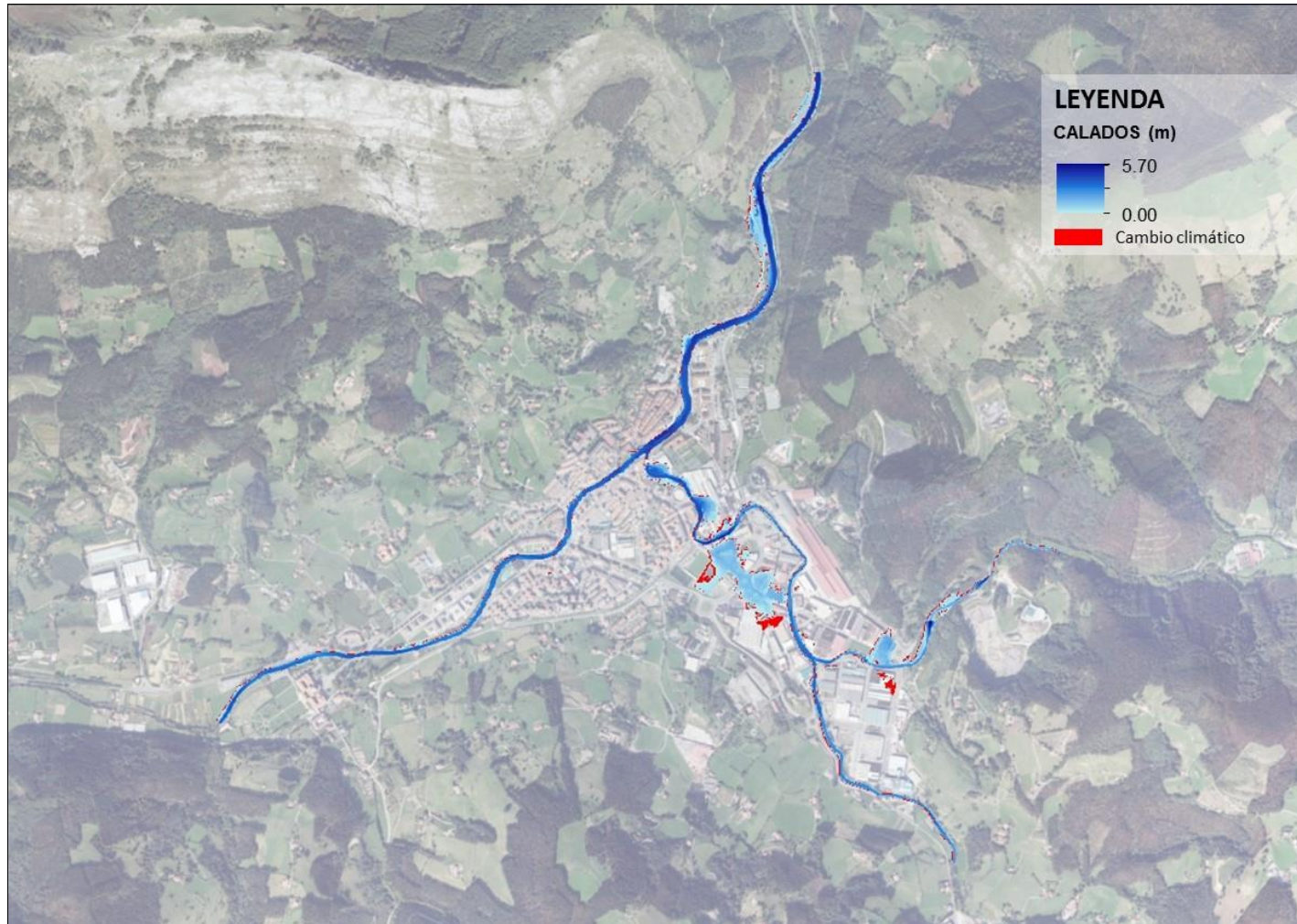
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 59 Mapa calados Tramo Azpeitia (Cuenca río Urola). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 50 años.



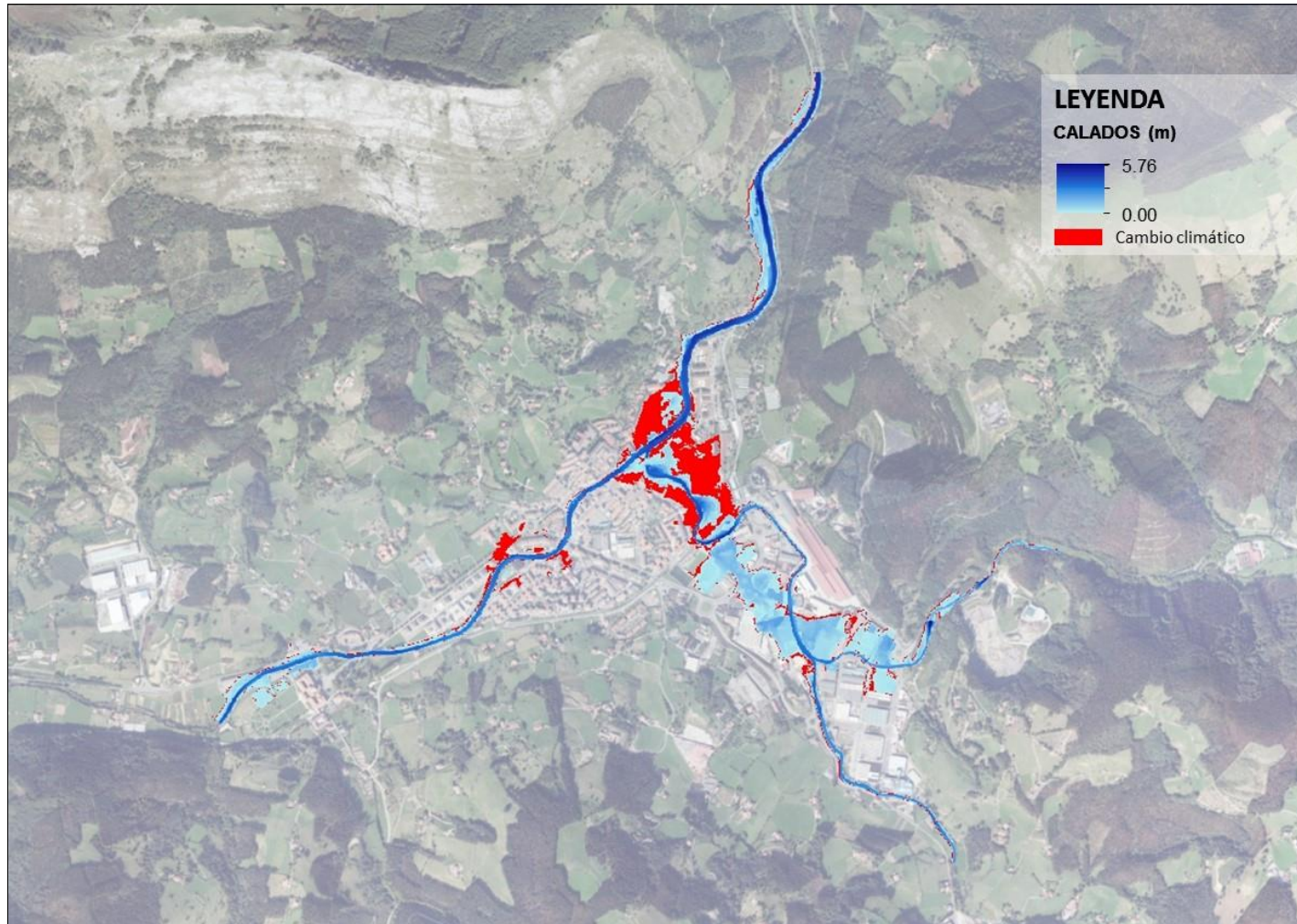
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 60 Mapa comparativo calados Tramo Azpeitia (Cuenca río Urola). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 10 años.



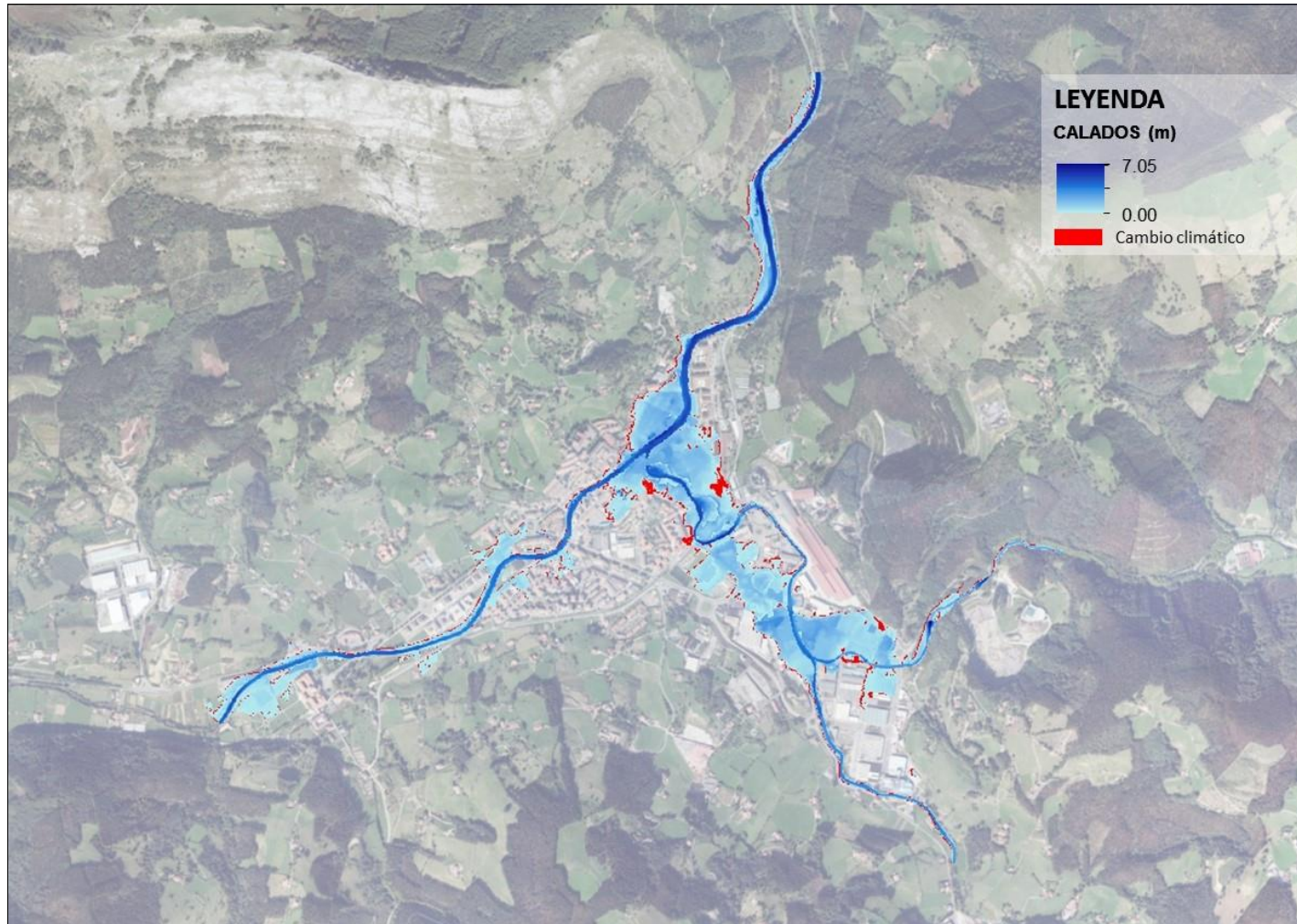
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 61 Mapa comparativo calados Tramo Azpeitia (Cuenca río Urola). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 25 años.



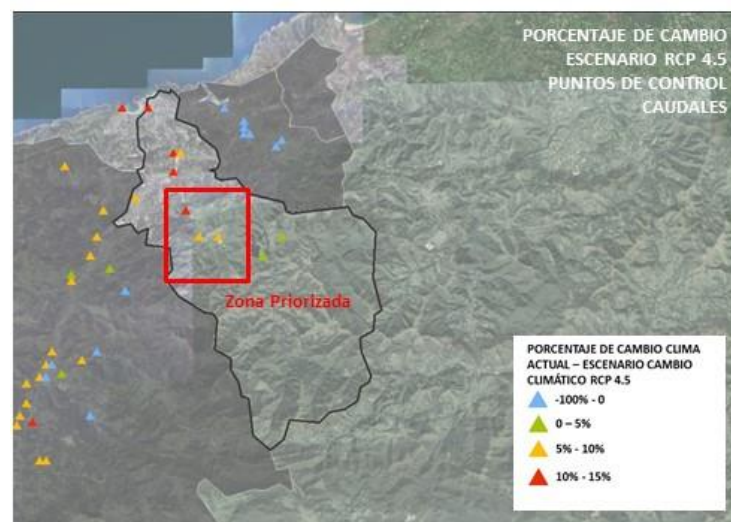
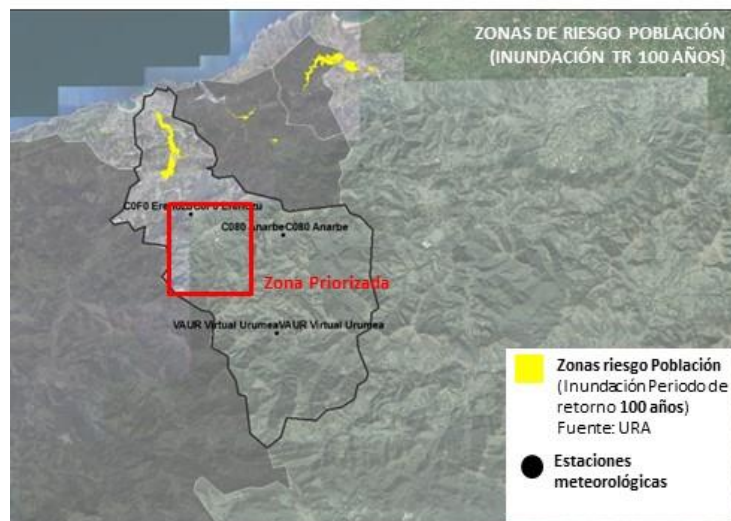
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 62 Mapa comparativo calados Tramo Azpeitia (Cuenca río Urola). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

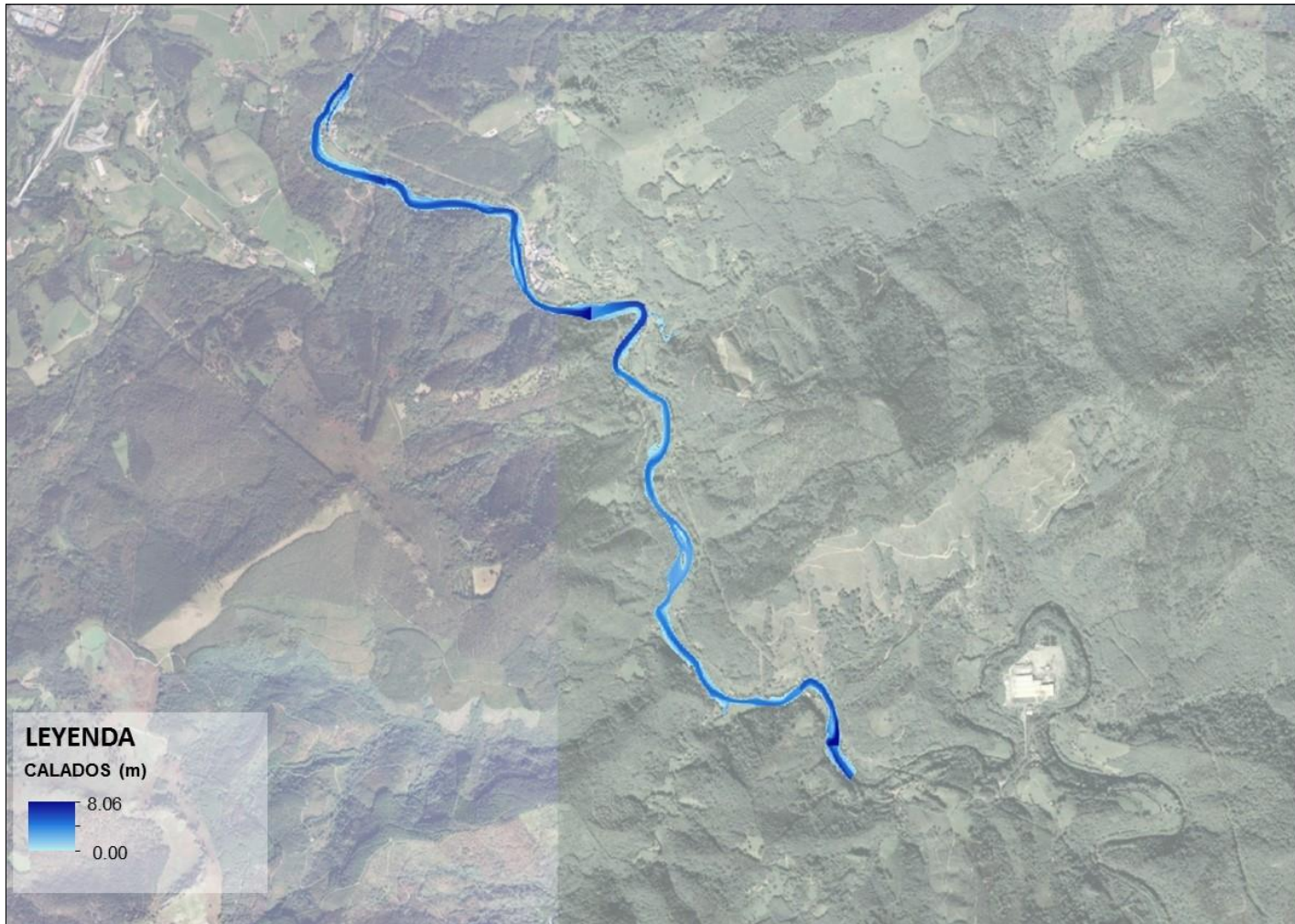
CUENCA RÍO URUMEA



- **ESCENARIO PÉSIMO CAMBIO CLIMÁTICO: E1 (RCP 4.5)**
- **PORCENTAJE DE CAMBIO SOBRE CAUDALES DE CLIMA ACTUAL MODELO HEC-RAS**
- **LOCALIZACIÓN: EREÑOZU**

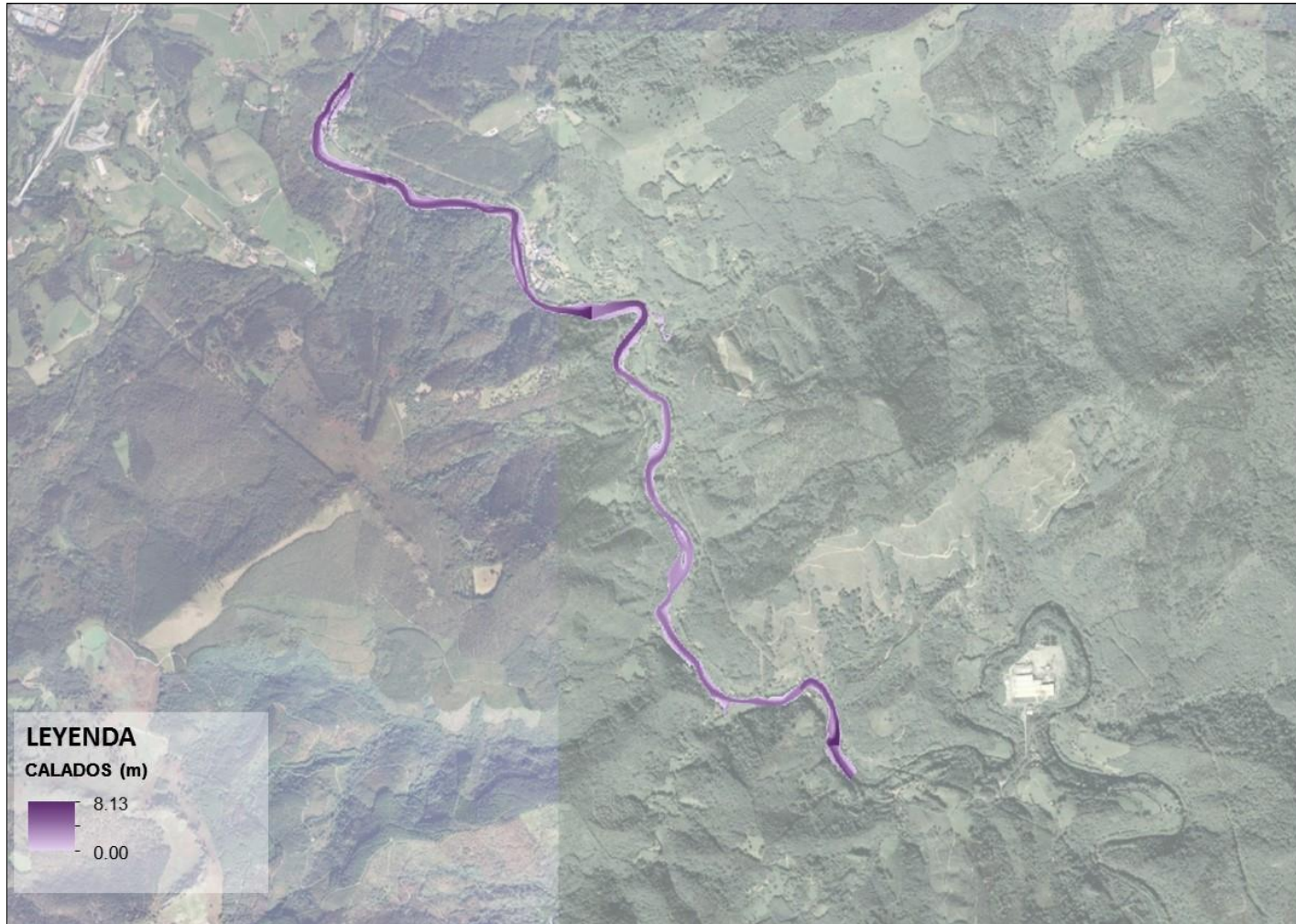
PUNTOS DE CONTROL	PORCENTAJE DE CAMBIO CLIMA ACTUAL-ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO RCP 4.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
URU-3 Landarbaso	5.26%	7.75%	9.53%
URU-4 Confluencia Urumea	3.40%	5.93%	7.63%
URU-5 Ereñozu	6.24%	8.97%	10.94%

Figura 63 Mapa calados Tramo Ereñozu (Cuenca río Urumea). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 10 años.



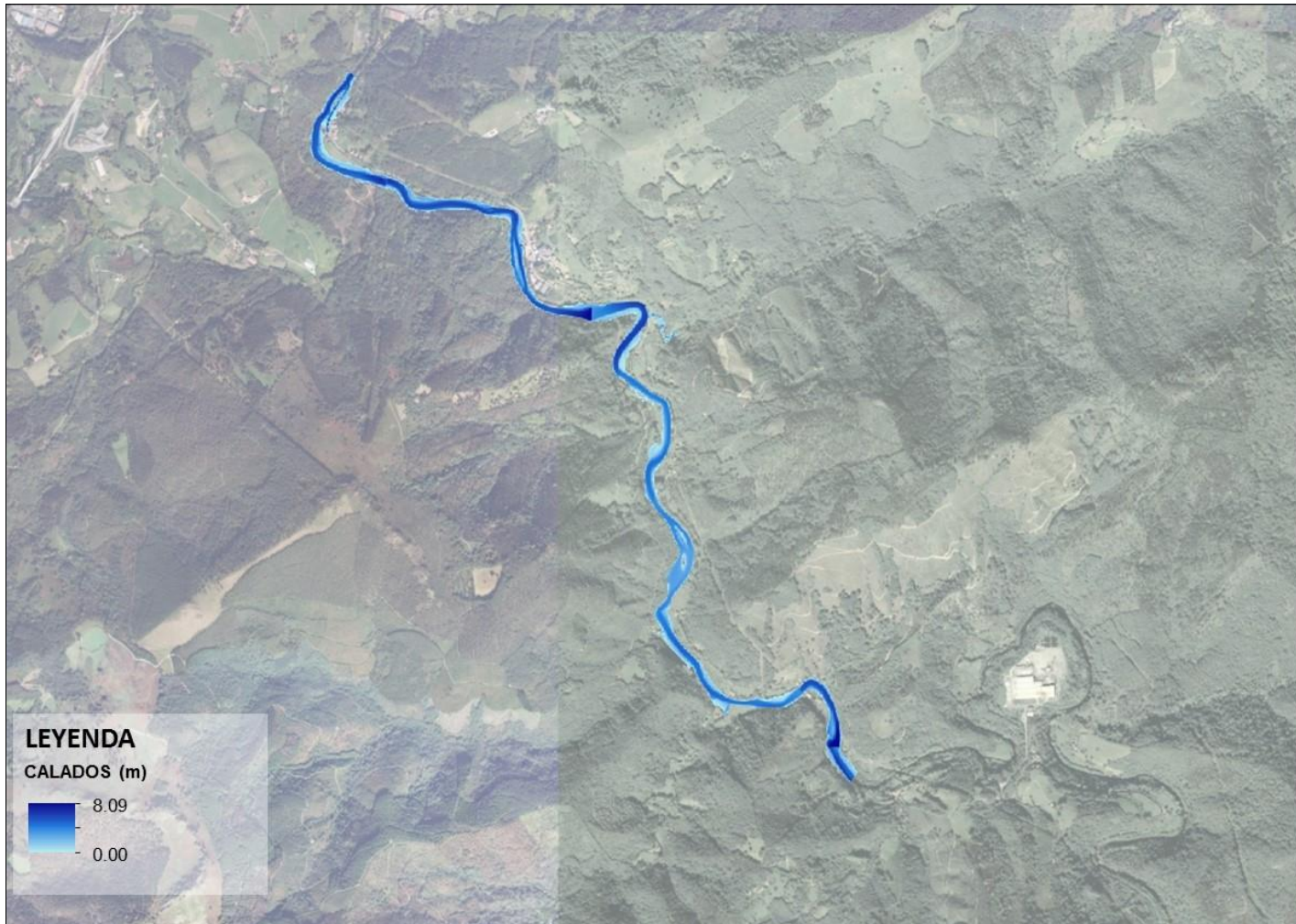
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 64 Mapa calados Tramo Ereñozu (Cuenca río Urumea). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 10 años.



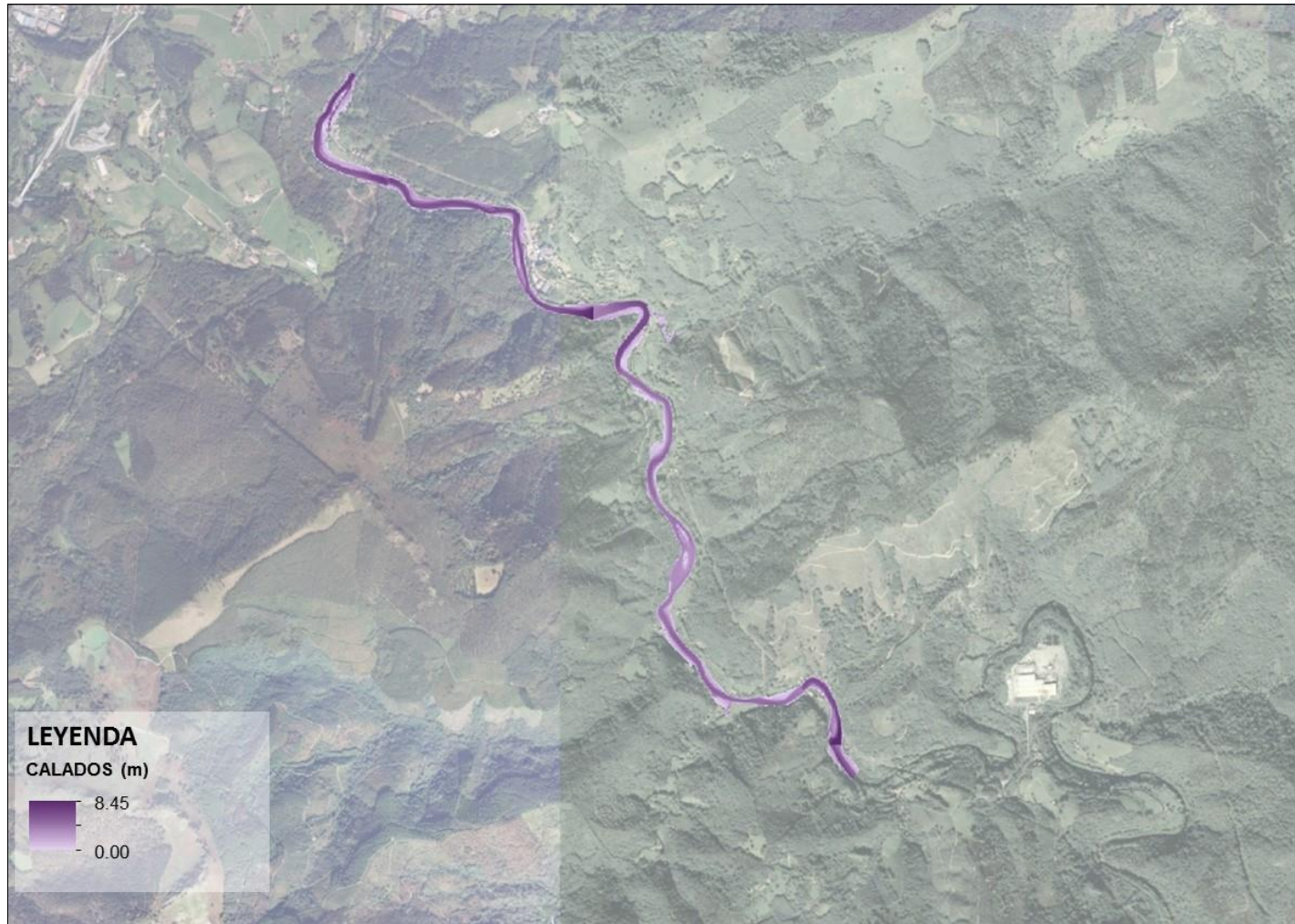
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 65 Mapa calados Tramo Ereñozu (Cuenca río Urumea). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 25 años.



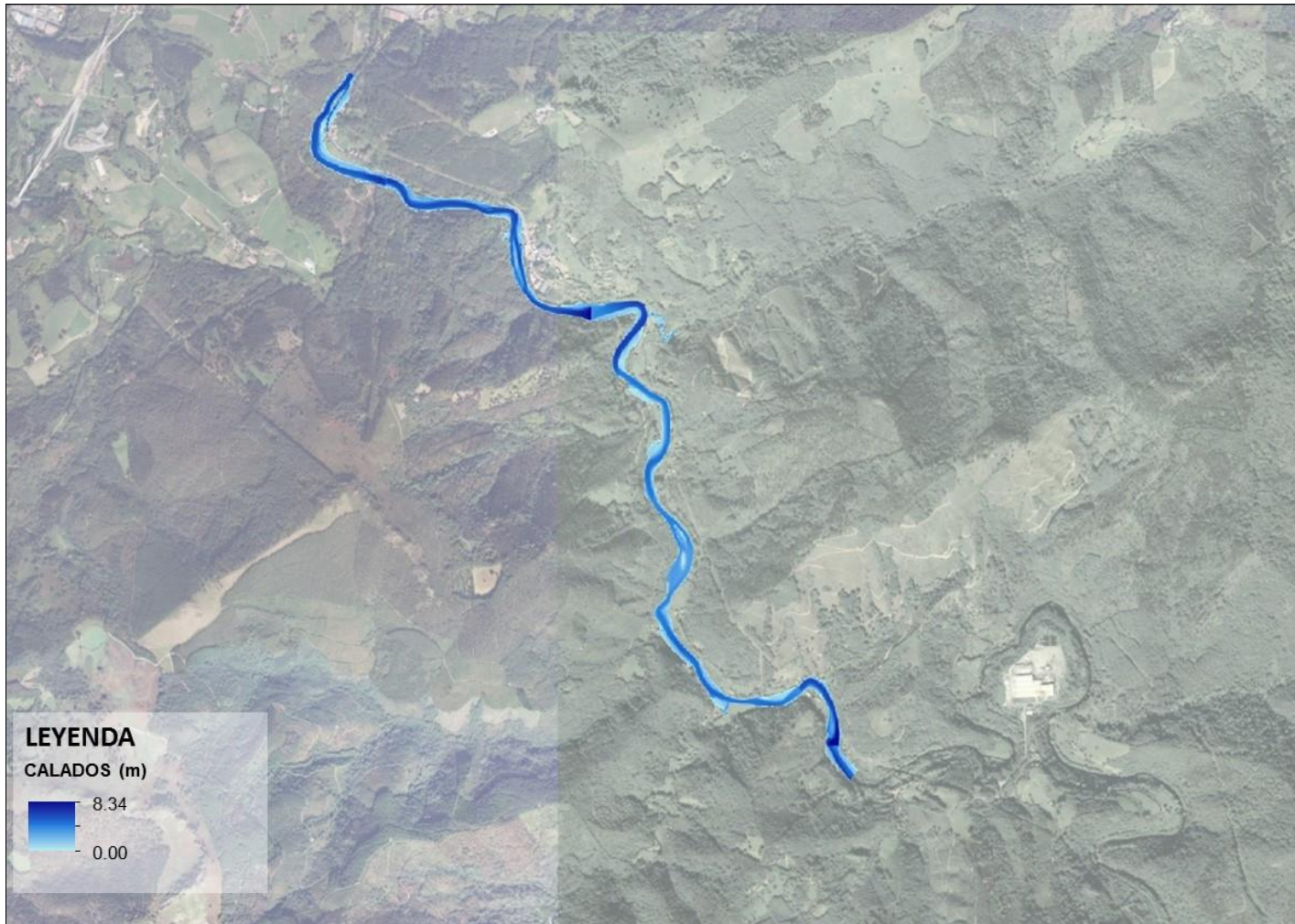
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 66 Mapa calados Tramo Ereñozu (Cuenca río Urumea). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 25 años.



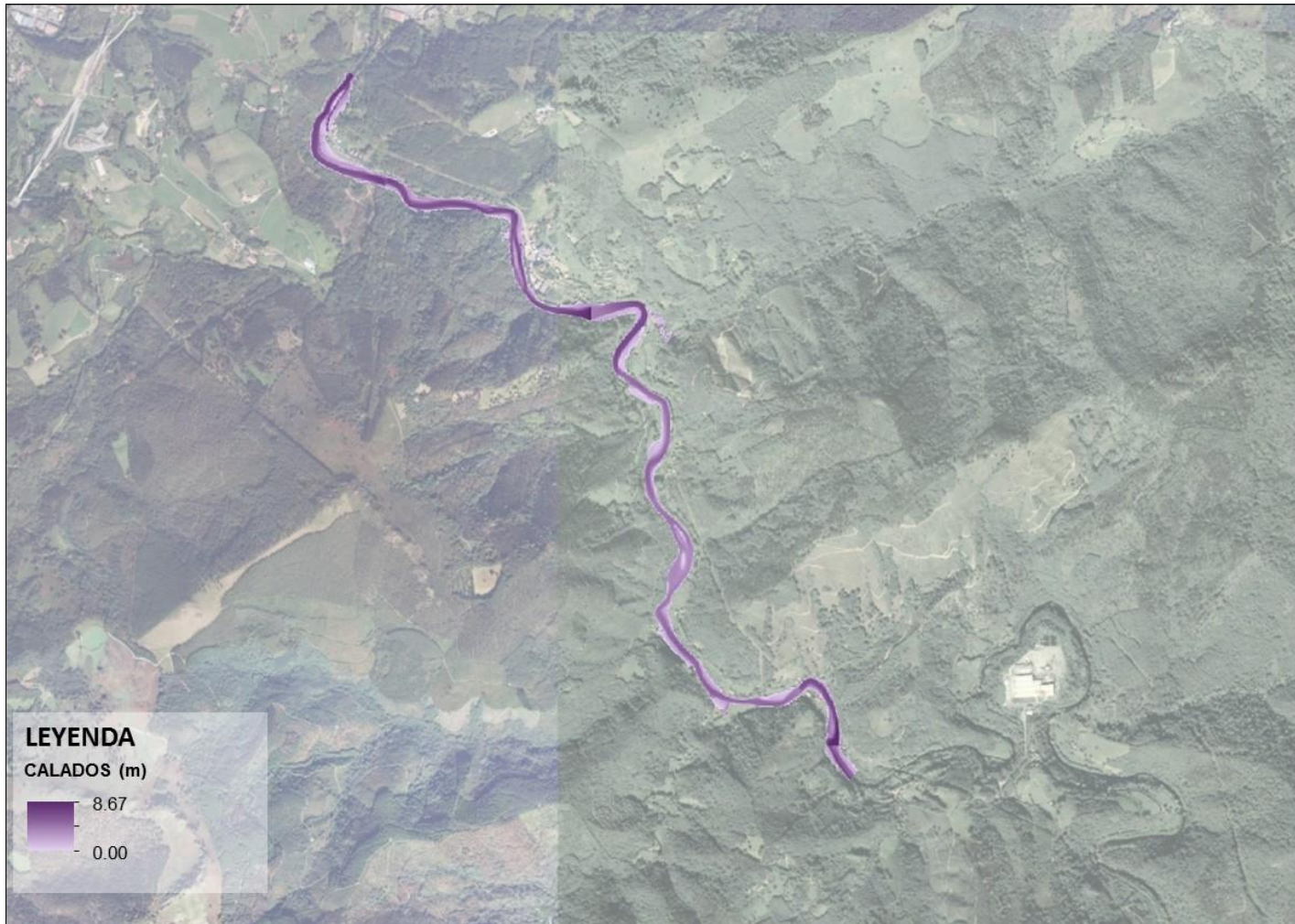
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 67 Mapa calados Tramo Ereñozu (Cuenca río Urumea). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 50 años.



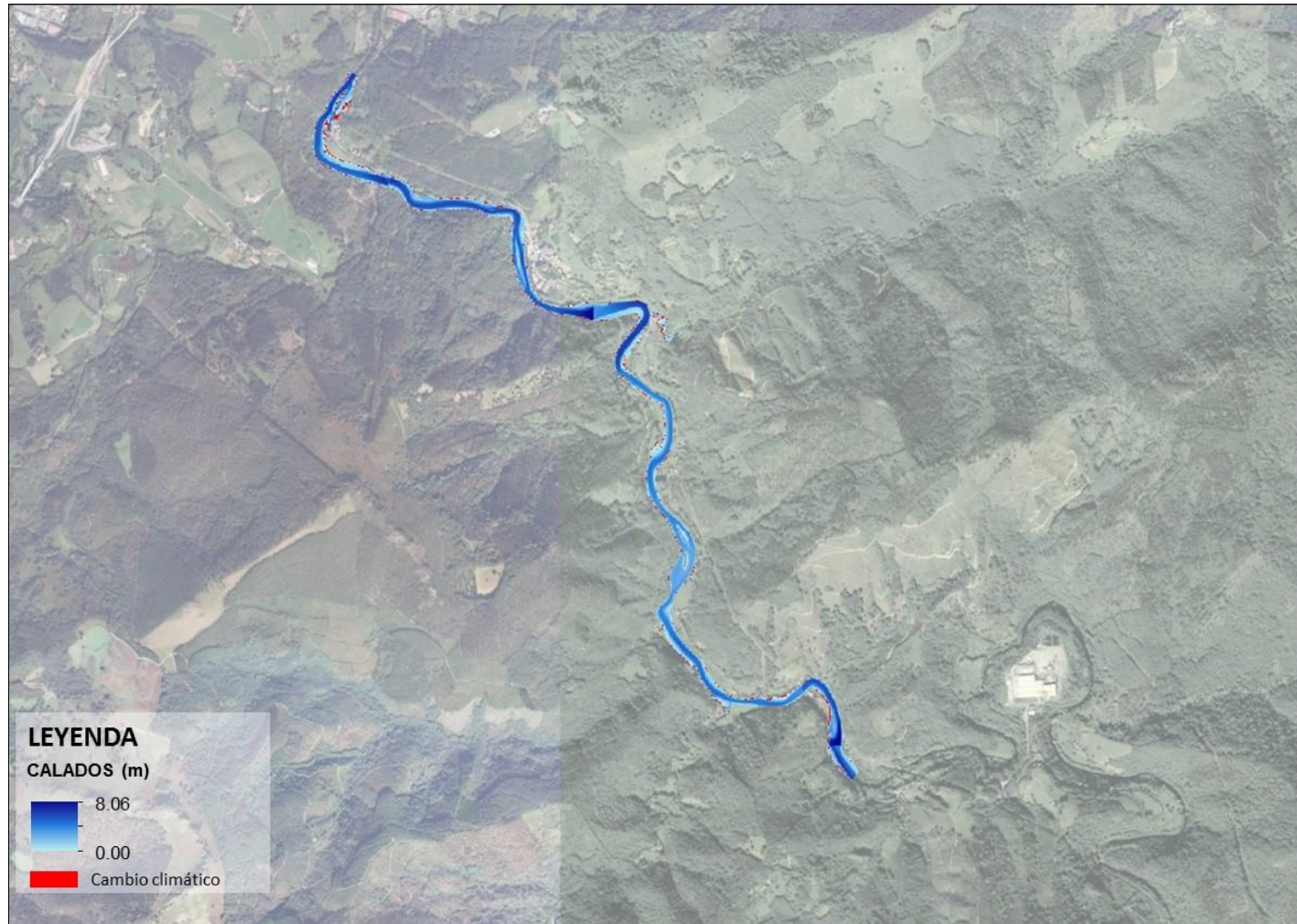
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 68 Mapa calados Tramo Ereñozu (Cuenca río Urumea). Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 50 años.



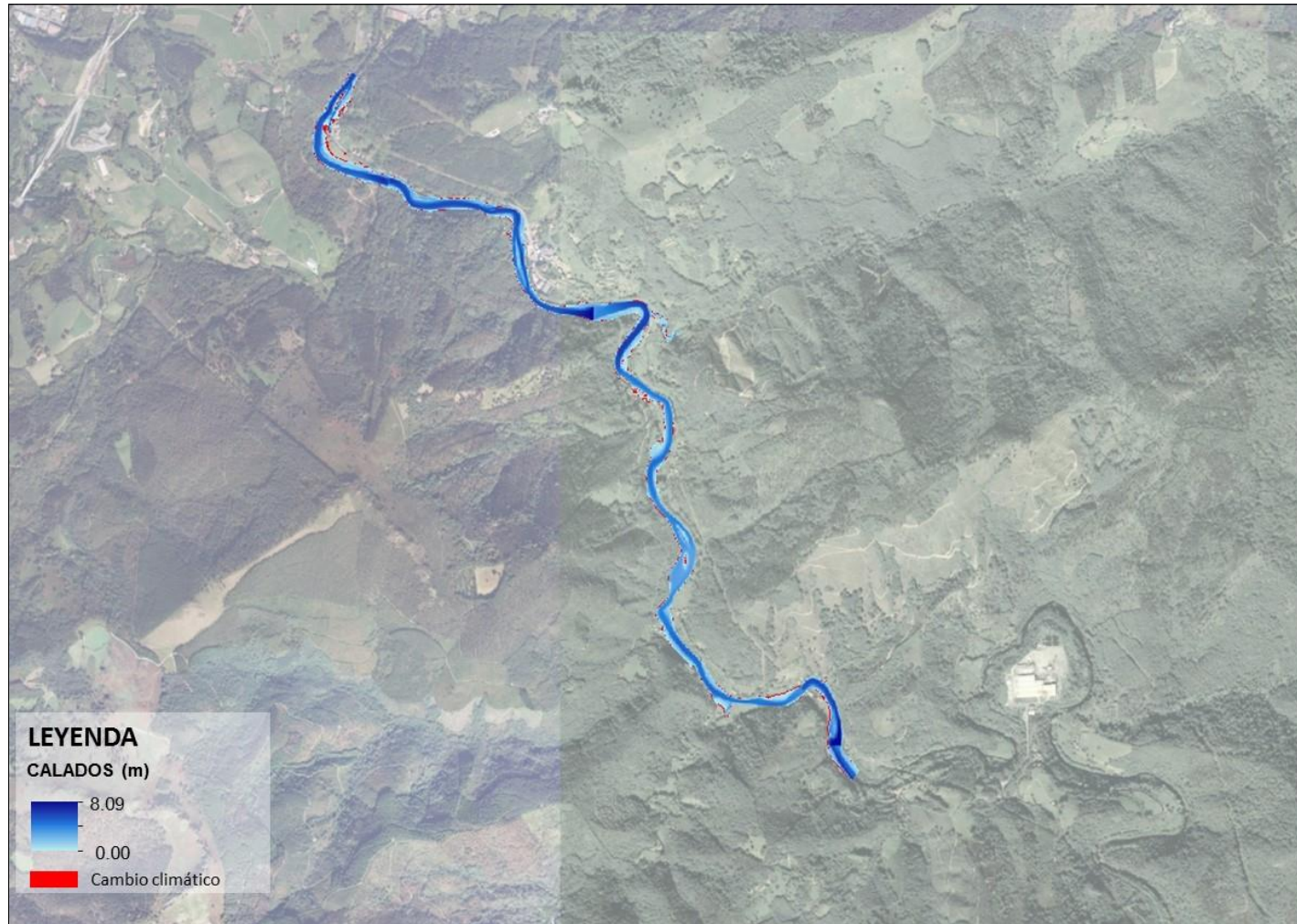
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 69 Mapa comparativo calados Tramo Ereñozu (Cuenca río Urumea). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 10 años.



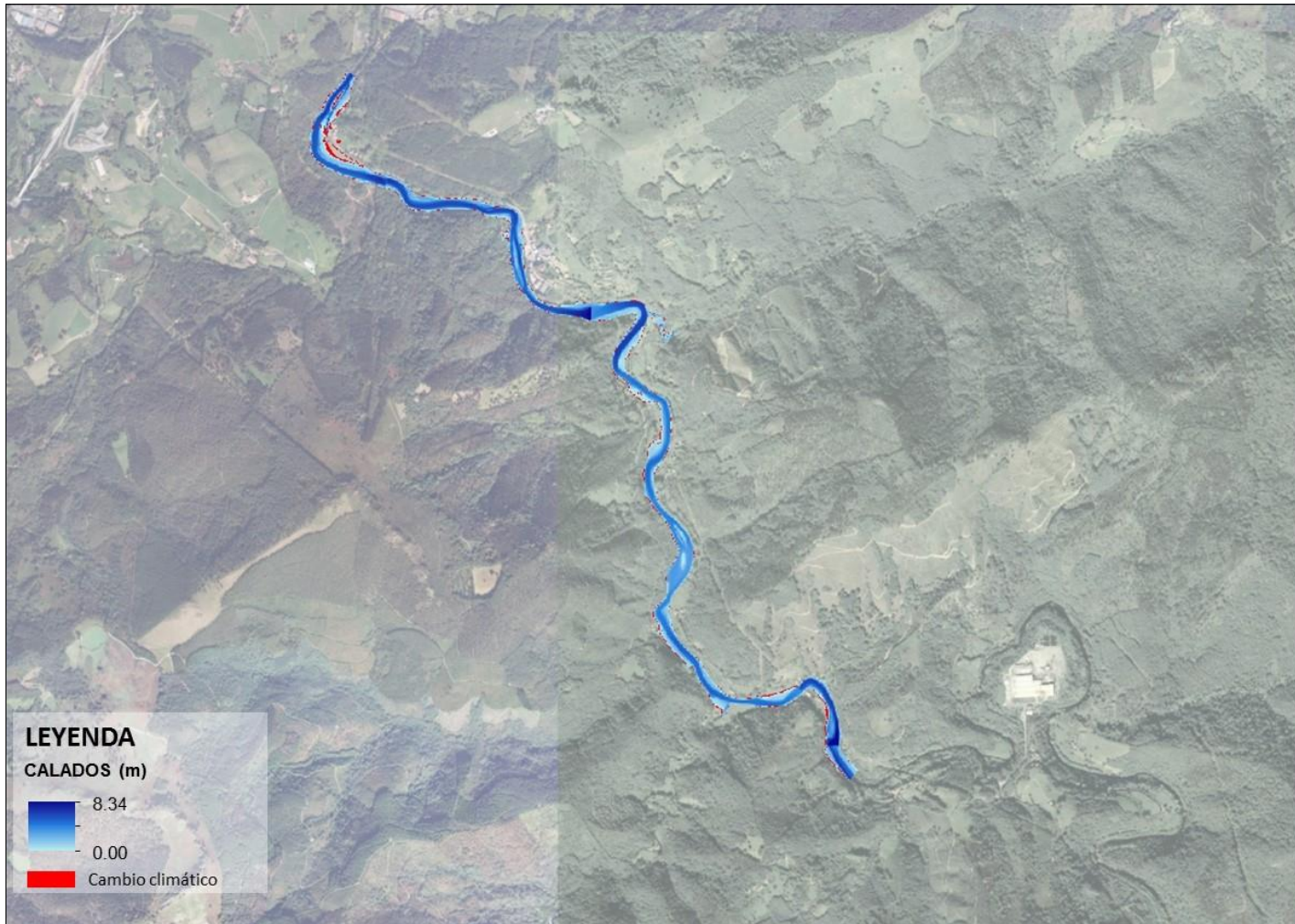
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 70 Mapa comparativo calados Tramo Ereñozu (Cuenca río Urumea). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 25 años.



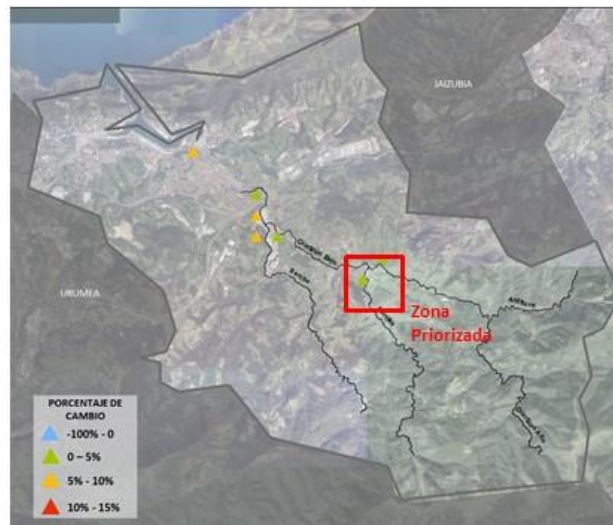
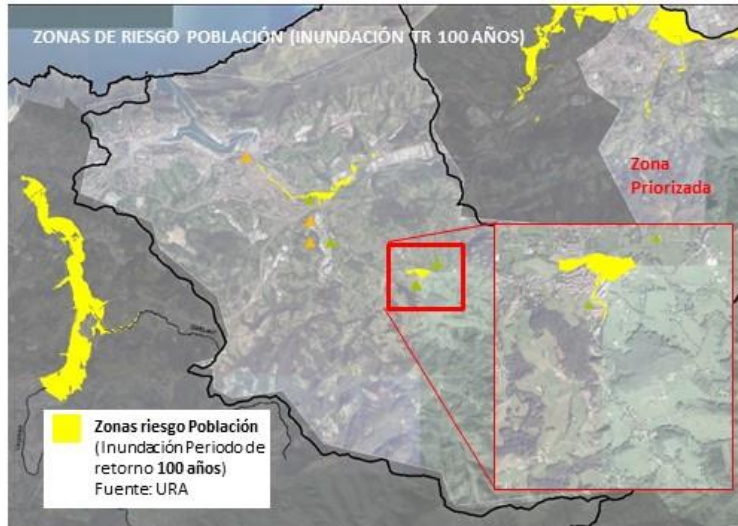
Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 71 Mapa comparativo calados Tramo Ereñozu (Cuenca río Urumea). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 4.5, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

CUENCA RÍO OIARTZUN



- ESCENARIO PÉSIMO CAMBIO CLIMÁTICO: E2 (RCP 8.5)
- PORCENTAJE DE CAMBIO SOBRE CAUDALES DE CLIMA ACTUAL MODELO HEC-RAS
- LOCALIZACIÓN: KARRIKA

PUNTOS DE CONTROL	PORCENTAJE DE CAMBIO CLIMA ACTUAL-ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO RCP 8.5		
	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años
OIA-2 Altzibar	-0.67%	0.42%	1.11%

Figura 72 Mapa calados Tramo Karrika (Cuenca río Oiartzun). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 73 Mapa calados Tramo Karrika (Cuenca río Oiartzun). Escenario de cambio climático RCP 8.5, periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 74 Mapa calados Tramo Karrika (Cuenca río Oiartzun). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 75 Mapa calados Tramo Karrika (Cuenca río Oiartzun). Escenario de cambio climático RCP 8.5, periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 76 Mapa calados Tramo Karrika (Cuenca río Oiartzun). Escenario de clima actual, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 77 Mapa calados Tramo Karrika (Cuenca río Oiartzun). Escenario de cambio climático RCP 8.5, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 78 Mapa comparativo calados Tramo Karrika (Cuenca río Oiartzun). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 8.5, periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 79 Mapa comparativo calados Tramo Karrika (Cuenca río Oiartzun). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 8.5, periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Elaboración propia/URA

Figura 80 Mapa comparativo calados Tramo Karrika (Cuenca río Oiartzun). Clima actual-Escenario de cambio climático RCP 8.5, periodo de retorno de 50 años.



Fuente: Elaboración propia/URA