

APÉNDICE 1: ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE LAS ACTUACIONES ESTRUCTURALES PROPUESTAS EN EL PGRI

OCTUBRE 2021

Índice

1	INTRODUCCIÓN	1
2	METODOLOGÍA ANÁLISIS COSTE- BENEFICIO	2
3	CALCULO DE DAÑOS	3
3.1	Teoría del cálculo de daños	3
3.2	Precios de actividades económicas	4
3.3	Información de partida	8
3.4	Daños asociados al Torrent de Ses Planes	8
3.5	Daños asociados al Torrent Gros	11
3.6	Daños asociados al Torrent de Na Bàrbara	14

1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es la descripción de la metodología empleada para la realización de los análisis de coste-beneficio y la evaluación de cada una de las actuaciones estructurales descritas en el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) de segundo ciclo.

Las siguientes guías se han considerado como documentación de referencia para la elaboración de los análisis:

- Propuesta de Mínimos para la Realización de los Mapas de Riesgo de Inundación. Directiva de Inundaciones – 2do Ciclo;
- Guía para la Reducción de la Vulnerabilidad de los Edificios Frente a las Inundaciones.
- Nota de Servicio 3/2014 sobre prescripciones y recomendaciones técnicas relativas a los contenidos mínimos a incluir en los estudios de rentabilidad de los estudios informativos o anteproyectos de la Subdirección General de Estudios y Proyectos.

Puesto que el estudio de alternativas se encuentra aún en fase de desarrollo, todavía no es posible ofrecer el análisis coste-beneficio al completo. De modo que este documento contiene la valoración de los daños para diferentes periodos de retorno estudiados, así como una valoración de los daños anuales esperados para las diferentes actuaciones.

2 METODOLOGÍA ANÁLISIS COSTE- BENEFICIO

La finalidad principal de esa metodología es la comparación de los costes previstos asociados a la ejecución de uno o varios proyectos con los beneficios esperados tras la realización de estos proyectos.

Para el caso concreto que se está evaluando en este apéndice, el procedimiento se centra en confrontar, para cada evento inundable, los daños producidos en el momento actual, con los daños que se producirían teniendo en cuenta las actuaciones estructurales. El criterio que se evaluará será de tipo económico, pues se valorarán las actuaciones en función de su rentabilidad económica.

Los daños producidos se cuantificarán a través de una estimación económica, en primer lugar, para la situación actual y en segundo lugar para las diferentes alternativas a considerar en el estudio.

Por lo que el beneficio obtenido, se entenderá como el valor monetario de los daños que se han dejado de producir, evaluado como la diferencia de la estimación económica actual y futura, considerando también, los costes asociados a la ejecución de la actuación proyectada.

Los beneficios y costes que en este documento se evalúan son únicamente directos y tangibles, causados por la acción directa del agua y que puedan ser cuantificados económicamente, no teniéndose en cuenta aquellos costes indirectos o intangibles.

Para cada una de las actuaciones se estimará un periodo de análisis a la hora de calcular el estudio de rentabilidad de los proyectos, que dependerá de la envergadura de las obras a realizar.

3 CALCULO DE DAÑOS

3.1 Teoría del cálculo de daños

Para cuantificar los daños producidos por eventos inundables se suele utilizar el Daño Anual Esperado (DAE), que se calcula en base a la probabilidad de ocurrencia de los diferentes periodos estudiados, junto con las pérdidas económicas asociadas a cada periodo de retorno; es decir se tienen en cuenta todos los daños que pueden producirse en un año, teniendo en cuenta probabilidades de ocurrencia desde el 0% al 100%.

De esta forma se establece una relación entre la probabilidad de ocurrencia de un evento inundable con los daños causados por dicho evento.

Para calcular el Daño Anual Esperado será necesario graficar una función que relaciona los daños y las probabilidades para todos los periodos de retorno estudiados, en el caso de este estudio se evaluarán los periodos de retorno de 10,100 y 500 años.

El resultado del DAE se obtiene bajo el área que queda bajo la curva de la función anterior, representando la suma de los posibles daños ponderados por la probabilidad de ocurrencia, que es inversamente proporcional al periodo de retorno.

El valor numérico del DAE se obtiene como la suma de los trapecios de base diferencia de probabilidades y altura media de los daños asociados a cada una de las probabilidades.

También se ha asumido que el máximo de daños se alcanza para un periodo de retorno de 500 años y que para un periodo de retorno de un año no existen daños.

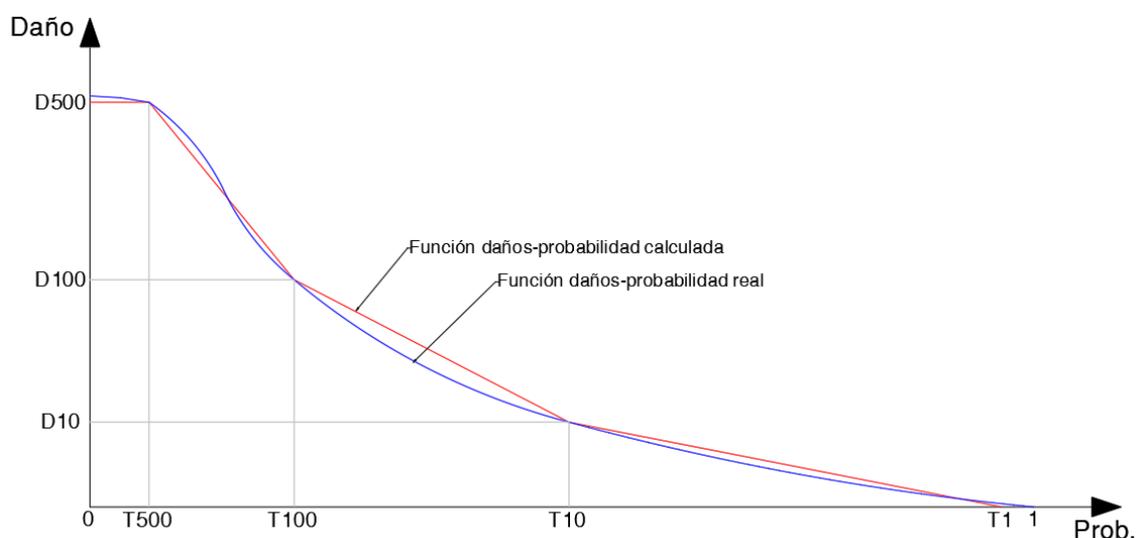


Figura 1. Curva esquemática daños – probabilidad.

La fórmula de cálculo de daños anuales se obtiene a través de la siguiente formulación:

$$DAE = (D_{500} \cdot T_{500}) + \left[\left(\frac{D_{500} + D_{100}}{2} \right) \cdot (T_{100} - T_{500}) \right] + \left[\left(\frac{D_{100} + D_{10}}{2} \right) \cdot (T_{10} - T_{100}) \right] + \left[\left(\frac{D_{10}}{2} \right) \cdot (T_1 - T_{10}) \right]$$

Siendo:

DAE: daño anual total esperado, expresado en euros.

D10, D100, D500: daños asociados a los periodos de retorno de 10,100 y 500 respectivamente, expresado en euros.

T10, T100, T500: probabilidades de ocurrencia de los periodos de retorno de 10,100 y 500 respectivamente, expresado en euros.

3.2 Precios de actividades económicas

Cada tipo de actividad económica afectada por la inundación tiene asociado un valor en €/m².

Los precios empleados toman como referencia aquellos propuestos en la Propuesta de Mínimos para la realización de los Mapas de Riesgo de Inundación y han sido particularizados para cada uno de los casos de estudio.

El valor del riesgo por uso del suelo de la Propuesta de Mínimos para la realización de los Mapas de Riesgo de Inundación se muestra a continuación:

USO DEL SUELO	VALOR DEL RIESGO (€/m²)
Urbano concentrado	
Edificación asociada a urbano concentrado (sin desagregar edificaciones)	350
Edificación asociada a urbano concentrado (edificaciones desagregadas)	400
Urbano disperso	
Edificación asociada a urbano disperso (sin desagregar edificaciones)	170
Edificación asociada a urbano disperso (edificaciones desagregadas)	260
Asociado a urbano	150
Infraestructura social	200
Terciario	380
Industrial concentrado	
Industrial concentrado (sin desagregar edificaciones)	450
Industrial concentrado (edificaciones desagregadas)	380
Industrial disperso	
Industrial disperso (sin desagregar edificaciones)	170
Industrial disperso (edificaciones desagregadas)	380
Agrícola-secano	1
Agrícola-regadío	5
Otros usos rurales	0.5
Forestal	0
Infraestructuras: carreteras	250
Infraestructuras: ferrocarriles	350
Infraestructuras: puertos y aeropuertos	450
Infraestructuras: energía	500
Infraestructuras: comunicaciones	500
Infraestructuras: hidráulico-sanitarias	500
Infraestructuras. Residuos	150
Masas de agua	0
Otras áreas sin riesgo	0

Tabla 1. Riesgo por uso del suelo fuente: Propuesta de Mínimos para la realización de los Mapas de Riesgo de Inundación.

Mientras que para el torrente de Ses Planes se tienen los siguientes valores:

USO DEL SUELO	VALOR DEL RIESGO SANT LLORENÇ (€/m²)
Urbano concentrado	
Edificación asociada a urbano concentrado (sin desagregar edificaciones)	420
Edificación asociada a urbano concentrado (edificaciones desagregadas)	480
Urbano disperso	
Edificación asociada a urbano disperso (sin desagregar edificaciones)	230
Edificación asociada a urbano disperso (edificaciones desagregadas)	340
Asociado a urbano	180
Infraestructura social	240
Terciario	460
Industrial concentrado	
Industrial concentrado (sin desagregar edificaciones)	500
Industrial concentrado (edificaciones desagregadas)	420
Industrial disperso	
Industrial disperso (sin desagregar edificaciones)	190
Industrial disperso (edificaciones desagregadas)	420
Agrícola-secano	1.5
Agrícola-regadío	7.5
Otros usos rurales	0.75
Forestal	0
Infraestructuras: carreteras	300
Infraestructuras: ferrocarriles	420
Infraestructuras: puertos y aeropuertos	540
Infraestructuras: energía	600
Infraestructuras: comunicaciones	600
Infraestructuras: hidráulico-sanitarias	600
Infraestructuras. Residuos	180
Masas de agua	0
Otras áreas sin riesgo	0

Tabla 2. Riesgo por uso del suelo fuente particularizado para la zona de Ses Planes.

Por último, para la evaluación de daños en el torrent Gros y en el torrent de Na Bàrbara, se han empleado los siguientes valores:

USO DEL SUELO	VALOR DEL RIESGO GROS Y BÀRBARA (€/m²)
Urbano concentrado	
Edificación asociada a urbano concentrado (sin desagregar edificaciones)	530
Edificación asociada a urbano concentrado (edificaciones desagregadas)	600
Urbano disperso	
Edificación asociada a urbano disperso (sin desagregar edificaciones)	240
Edificación asociada a urbano disperso (edificaciones desagregadas)	370
Asociado a urbano	210
Infraestructura social	280
Terciario	570
Industrial concentrado	
Industrial concentrado (sin desagregar edificaciones)	590
Industrial concentrado (edificaciones desagregadas)	500
Industrial disperso	
Industrial disperso (sin desagregar edificaciones)	230
Industrial disperso (edificaciones desagregadas)	500
Agrícola-secano	1.3
Agrícola-regadío	6.5
Otros usos rurales	0.65
Forestal	0
Infraestructuras: carreteras	330
Infraestructuras: ferrocarriles	460
Infraestructuras: puertos y aeropuertos	590
Infraestructuras: energía	650
Infraestructuras: comunicaciones	650
Infraestructuras: hidráulico-sanitarias	650
Infraestructuras. Residuos	200
Masas de agua	0
Otras áreas sin riesgo	0

Tabla 3. Riesgo por uso del suelo fuente particularizado para la zona de torrent Gros y en el torrent de Na Bàrbara.

En la realidad los valores de los daños son proporcionales a las variables hidráulicas, tales como calados o velocidad de corriente. En este análisis se ha considerado que los daños generados están condicionados por los resultados de los calados obtenidos en las simulaciones hidráulicas.

Los daños resultantes, serán mayores o menores dependiendo del calado que presenten los diferentes usos del suelo. Para ello se ha establecido una serie de calados reductores que tendrán en cuenta este fenómeno, los cuales se muestran a continuación:

Calado (m)	Coefficiente
0.0 – 0.3	0.20
0.3 – 0.7	0.60
0.7 – 2.0	0.90
>2.0	1.00

Tabla 4. Relación de coeficientes de daños y calado.

Puesto que hay usos del suelo que se ven afectados de igual manera independientemente del calado, el coeficiente reductor asociado a estos usos seguirá siendo la unidad independientemente del calado obtenido tras la simulación hidráulica.

Por lo tanto, los coeficientes solo se aplicarán a los siguientes usos:

- Urbano concentrado;
- Urbano disperso;
- Asociado a urbano;
- Infraestructura social;
- Terciario;
- Industrial concentrado;
- Industrial disperso.

3.3 Información de partida

La información de partida empleada en el análisis de daños ha sido la siguiente:

- Ráster de calados para cada uno de los periodos de retorno estudiados obtenido tras una modelización hidráulica
- Capa vectorial de los usos del suelo, en este caso se emplearán los datos procedentes del SIOSE más actualizados, del año 2014.

3.4 Daños asociados al Torrent de Ses Planes

Las llanuras inundables para periodos de retorno de 10,100 y 500 años se muestran en la siguiente imagen.

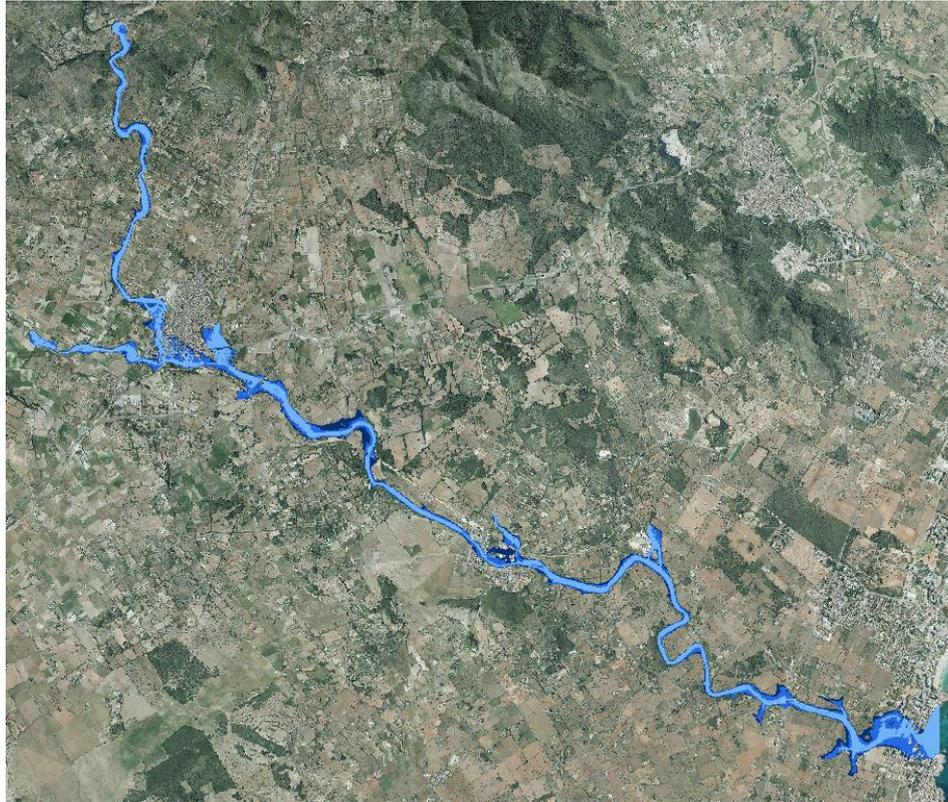


Figura 2. Llanuras inundables para periodos de retorno de 10, 100 y 500 en Ses Planes.

En las figuras, Figura 3, Figura 4 y Figura 5 quedan reflejados los daños calculados para 10, 100 y 500 años de periodos de retorno respectivamente.

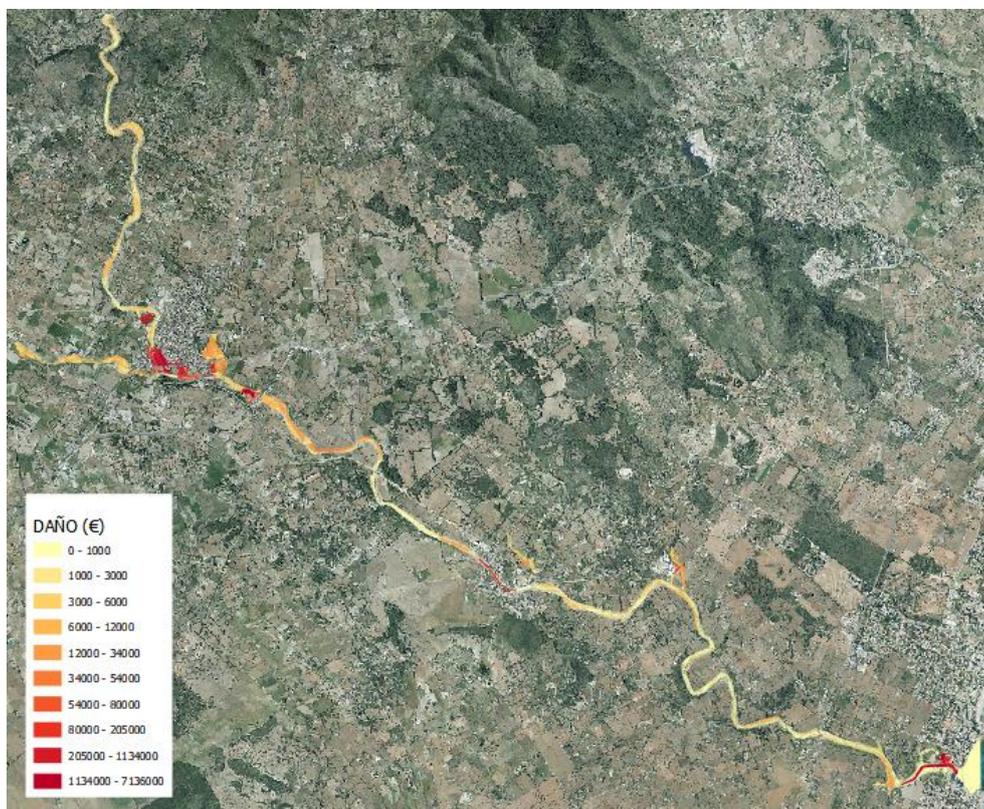


Figura 3 Daños asociados a un periodo de retorno de 10 años en Ses Planes

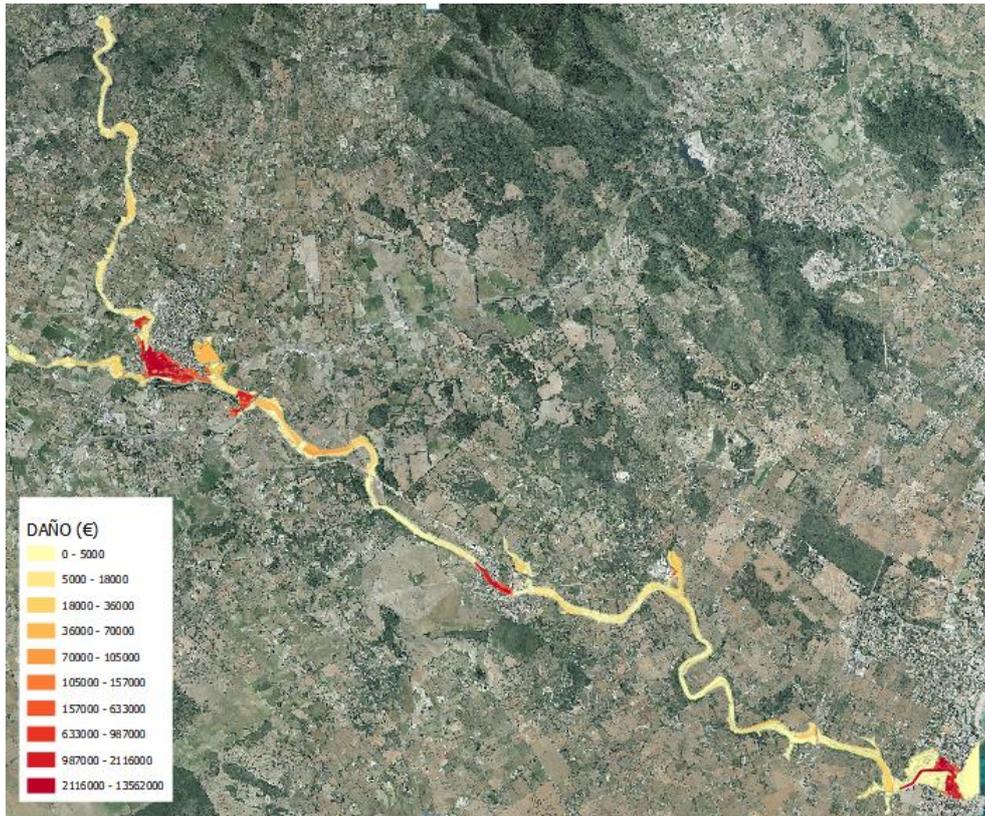


Figura 4 Daños asociados a un periodo de retorno de 100 años en Ses Planes

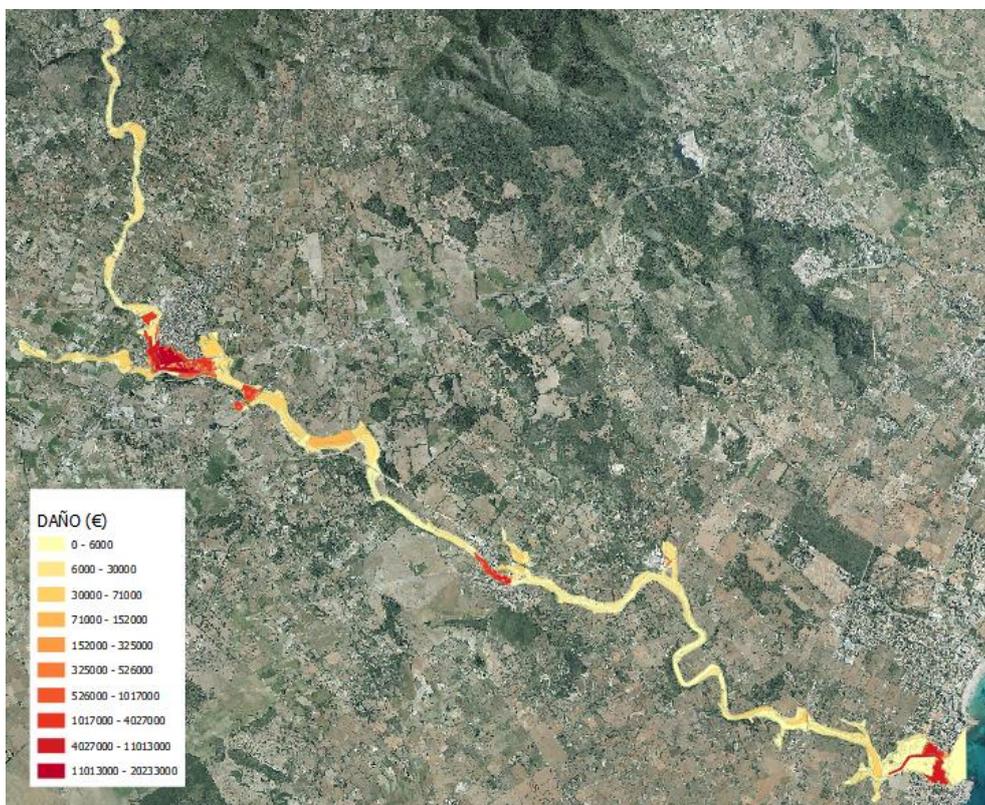


Figura 5 Daños asociados a un periodo de retorno de 500 años en Ses Planes

Como resumen del análisis de daños, se muestra la siguiente tabla:

Daño anual esperado	21,849,426.42 €
Daño periodo de retorno 10 años	34,533,364.35 €
Daño periodo de retorno 100 años	83,870,613.53 €
Daño periodo de retorno 500 años	107,625,167.27 €

Tabla 5. Análisis de daños.

3.5 Daños asociados al Torrent Gros

Las llanuras inundables para periodos de retorno de 10,100 y 500 años se muestran a en la siguiente imagen:

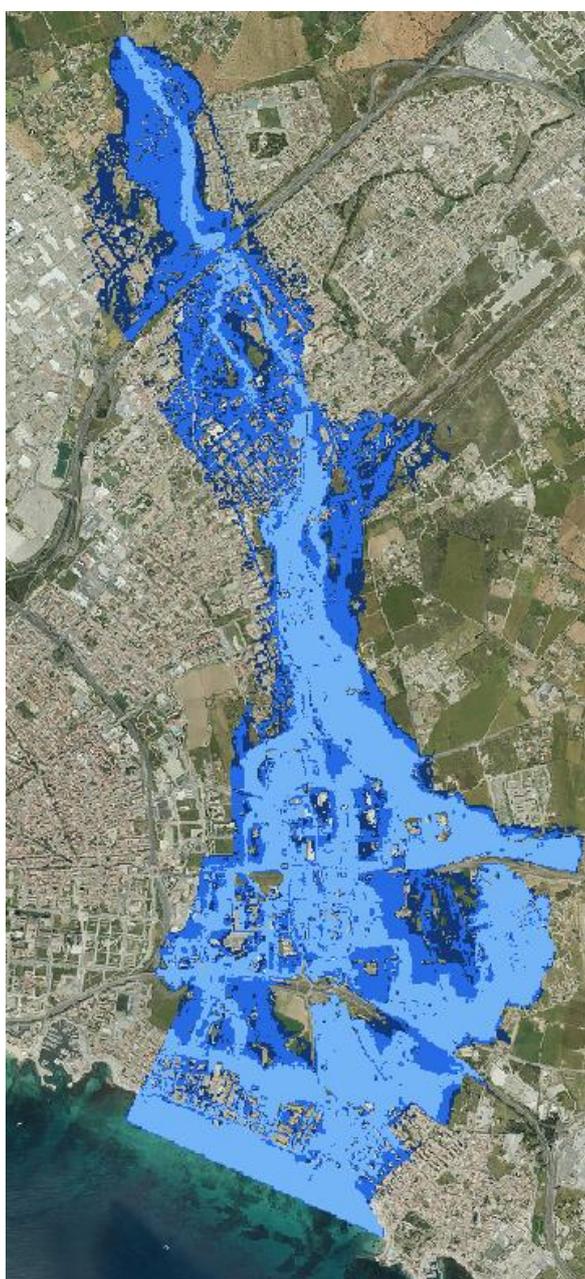


Figura 6. Llanuras inundables para periodos de retorno de 10,100 y 500 en Torrent Gros.

En las figuras, Figura 7, Figura 8 y Figura 9 quedan reflejados los daños calculados para 10, 100 y 500 años de periodos de retorno respectivamente

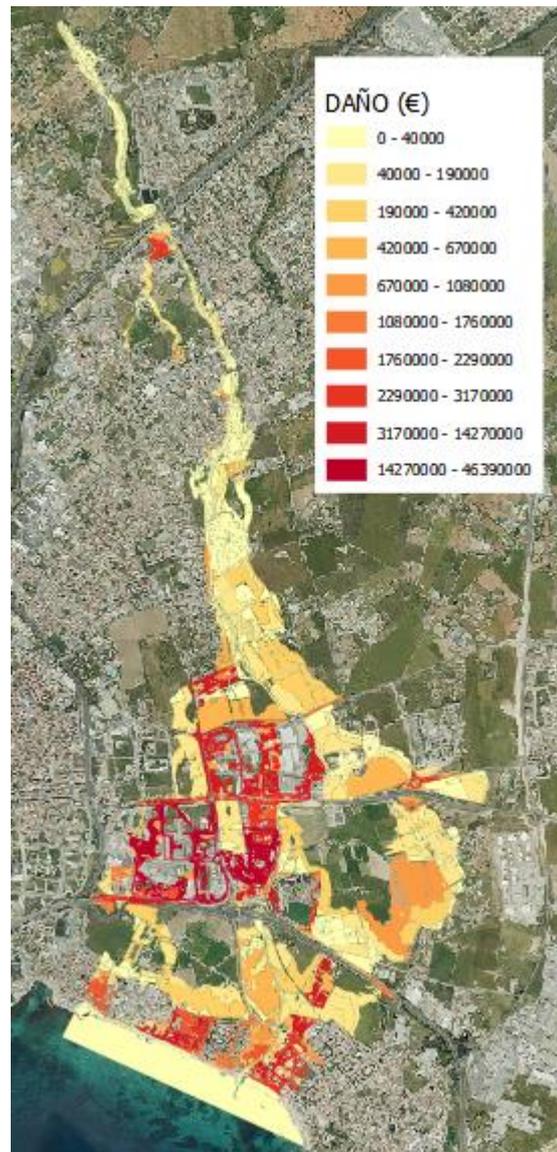


Figura 7 Daños asociados a un periodo de retorno de 10 años en Gros

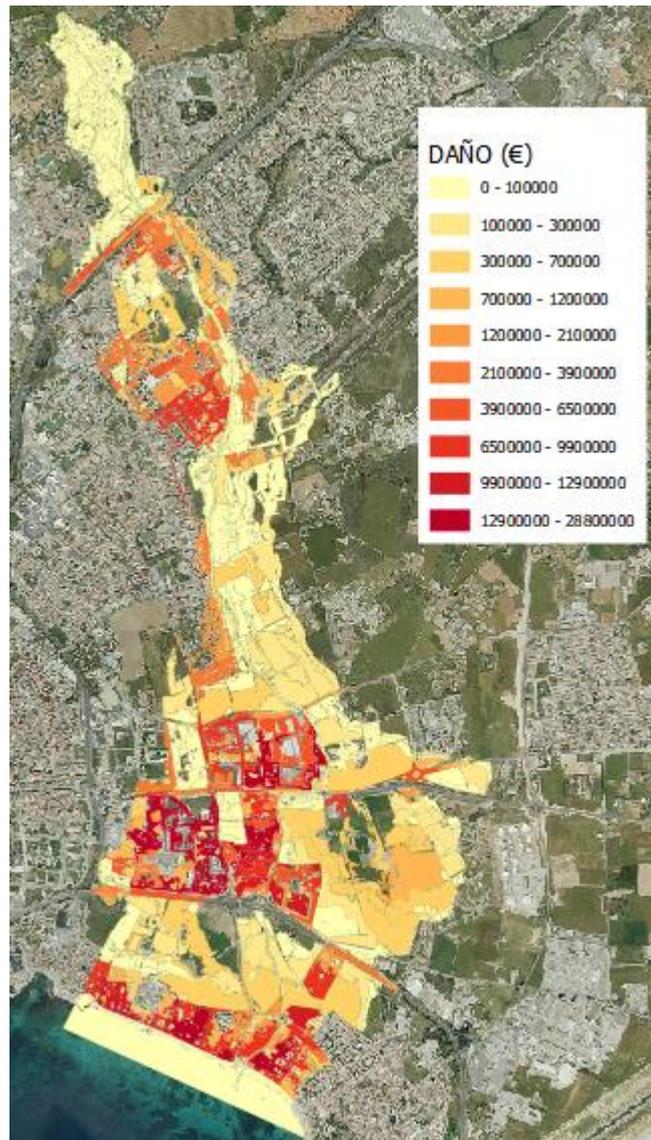


Figura 8 Daños asociados a un periodo de retorno de 100 años en Gros

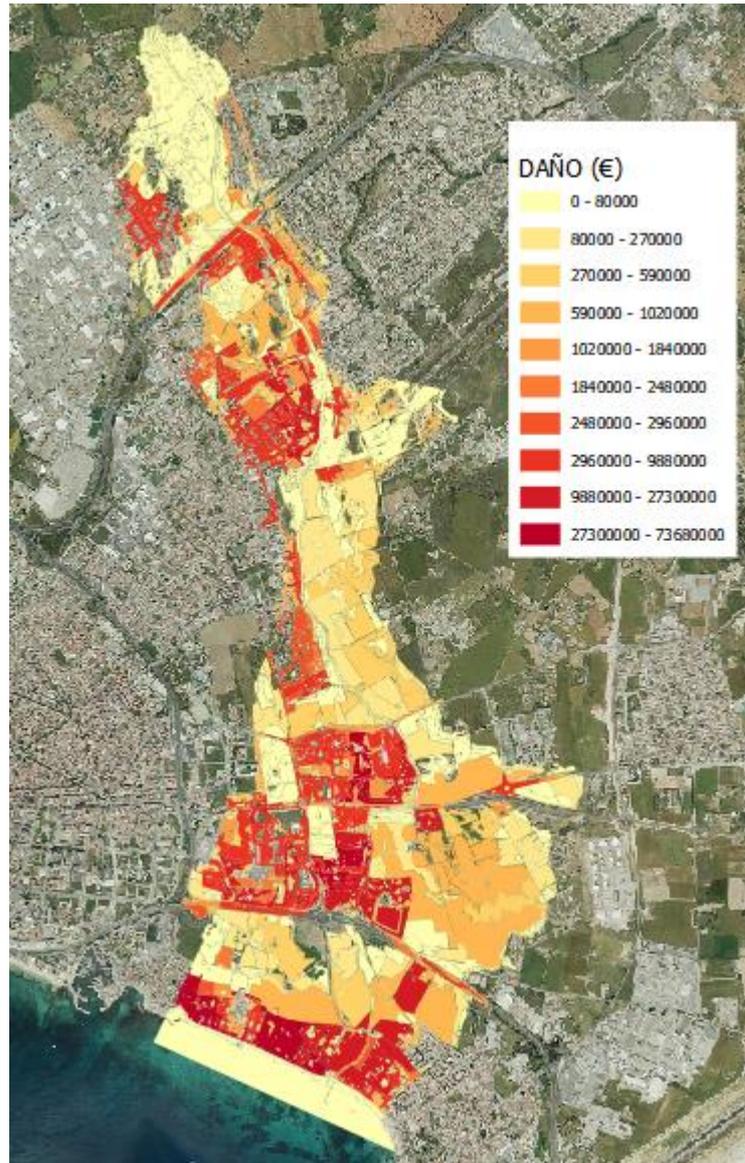


Figura 9 Daños asociados a un periodo de retorno de 500 años en Gros

Como resumen del análisis de daños, se muestra la siguiente tabla:

Daño anual esperado	42,862,367.62 €
Daño periodo de retorno 10 años	3,917,876.13 €
Daño periodo de retorno 100 años	720,679,250.53 €
Daño periodo de retorno 500 años	934,955,943.91 €

Tabla 6. Análisis de daños.

3.6 Daños asociados al Torrent de Na Bàrbara

Las llanuras inundables para periodos de retorno de 10,100 y 500 años se muestran a en la siguiente imagen:

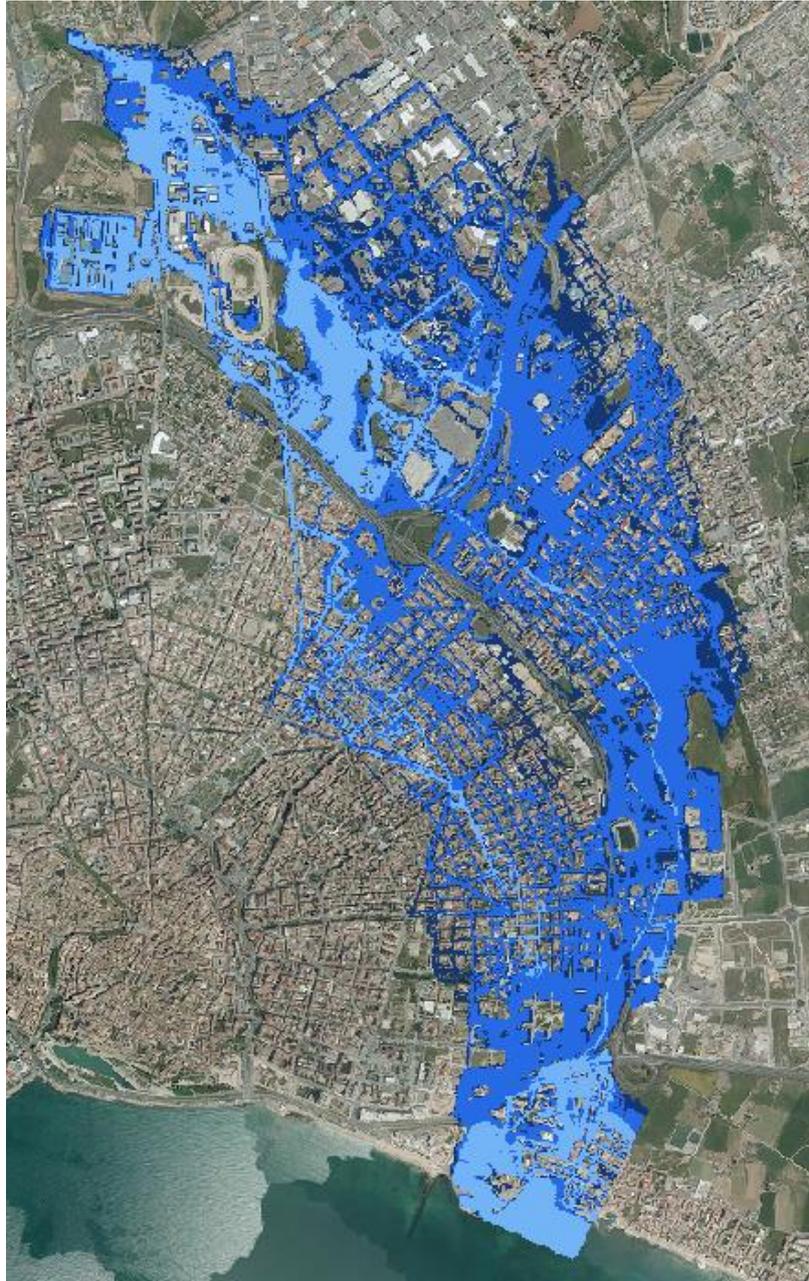


Figura 10. Llanuras inundables para periodos de retorno de 10, 100 y 500 en Na Bàrbara.

En las figuras, Figura 11, Figura 12 y Figura 13 quedan reflejados los daños calculados para 10, 100 y 500 años de periodos de retorno respectivamente

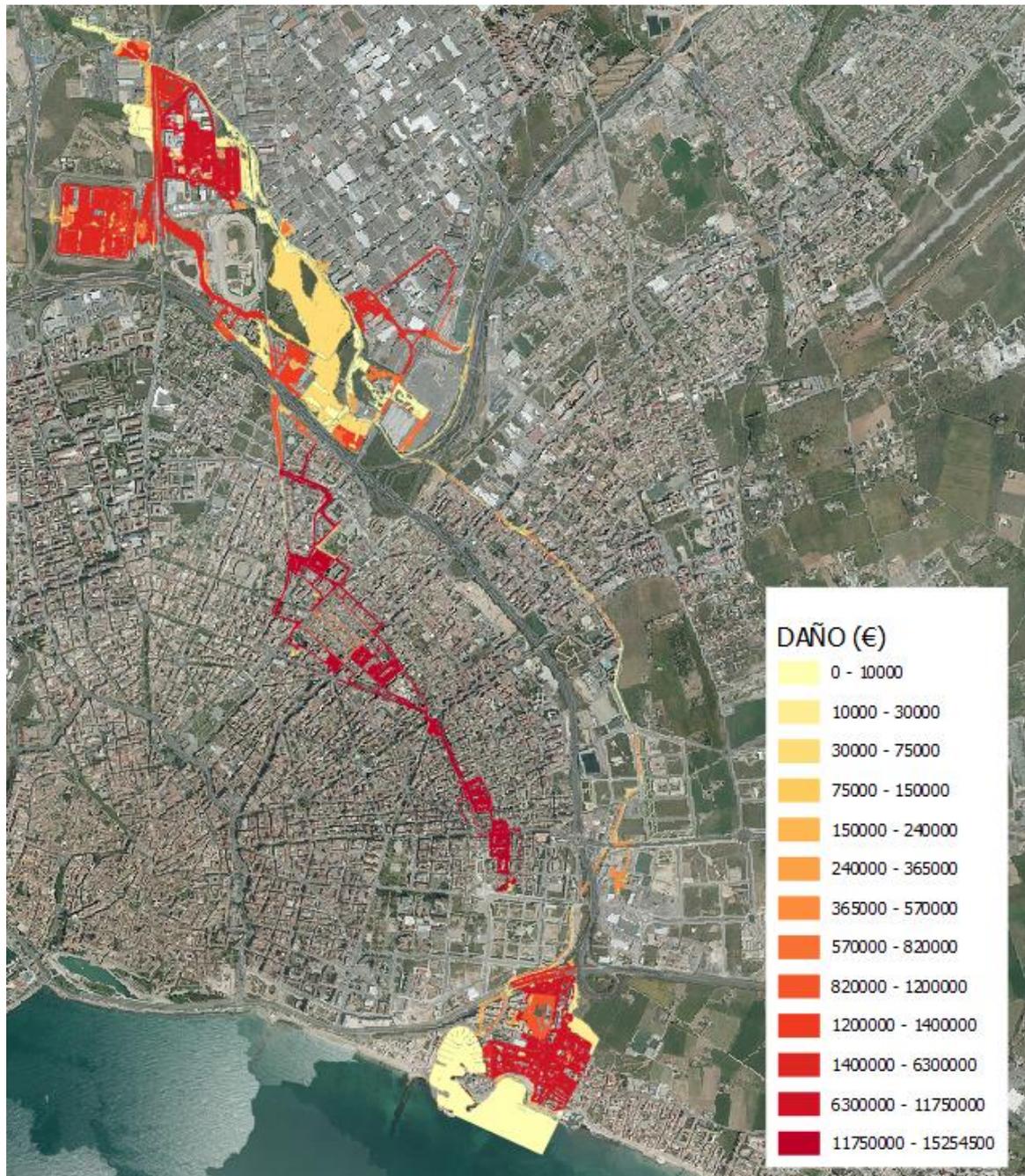


Figura 11. Daños asociados a un periodo de retorno de 10 años en Na Bàrbara.

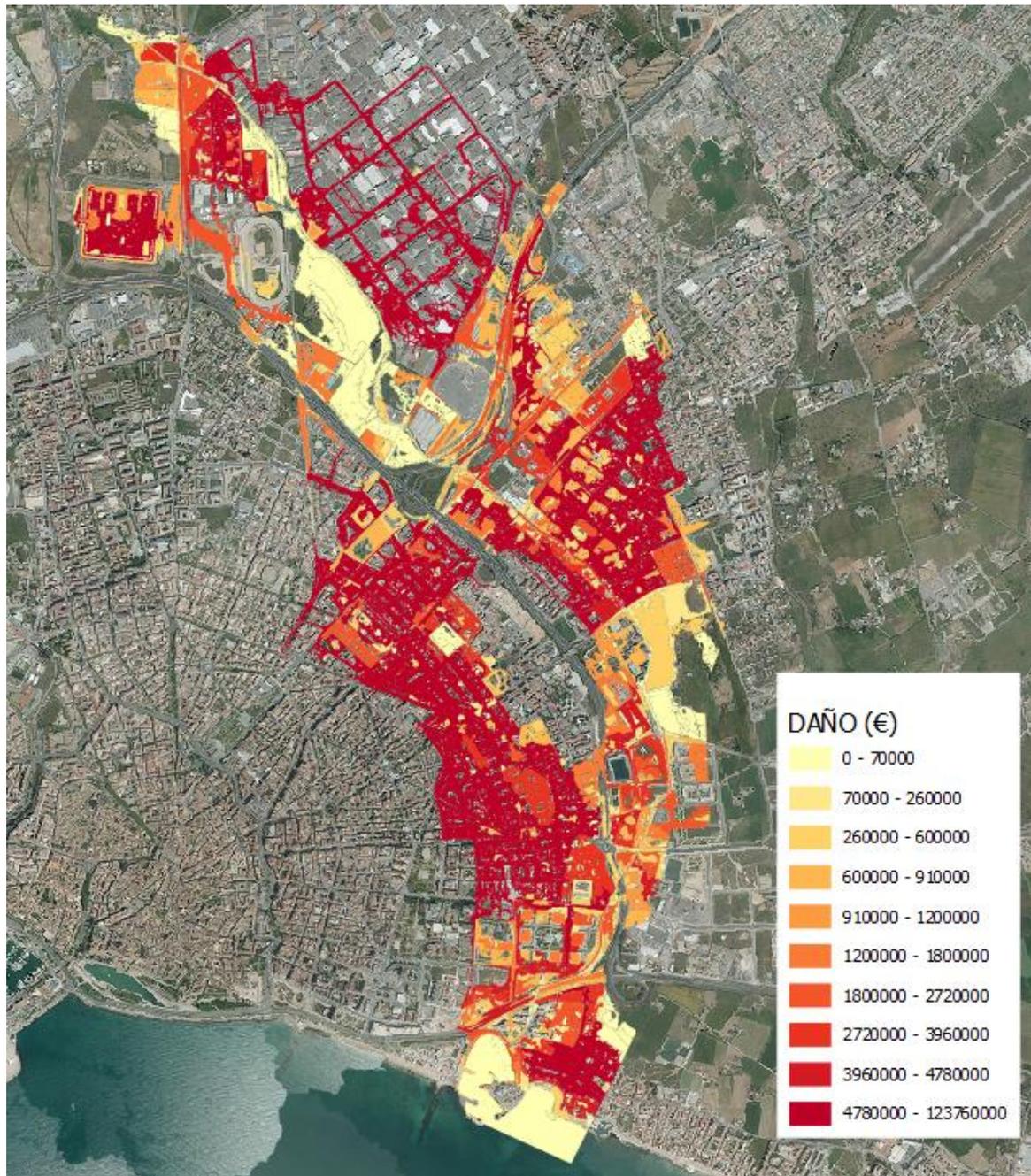


Figura 12. Daños asociados a un periodo de retorno de 100 años en Na Bàrbara.

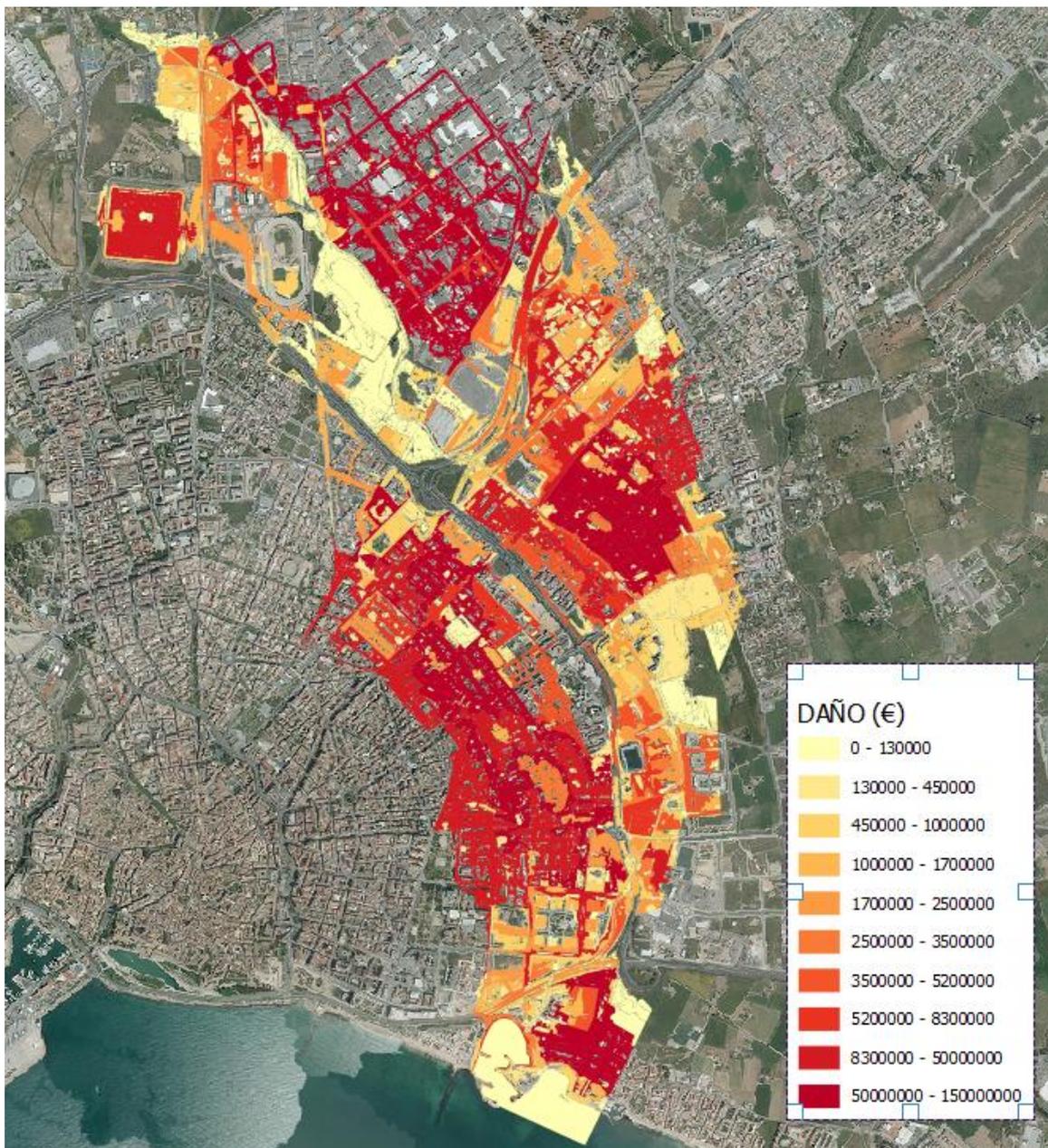


Figura 13. Daños asociados a un periodo de retorno de 500 años en Na Bàrbara.

Como resumen del análisis de daños, se muestra la siguiente tabla:

Daño anual esperado	123,117,511.31 €
Daño periodo de retorno 10 años	138,941,761.35 €
Daño periodo de retorno 100 años	946,995,521.76 €
Daño periodo de retorno 500 años	1,323,093,145.09 €

Tabla 7. Análisis de daños.