



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

Trabajo realizado por:

Sonia Omary Guardado Cárcamo

Dirigido:

Javier López Lara

Alberto Vicente Fernández

Titulación:

**Máster Universitario
en Costas y Puertos**

Santander, septiembre de 2022

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

Autora: Sonia Omary Guardado

Directores: Javier López Lara, Alberto Vicente Fernández

Convocatoria: septiembre 2022

Resumen

En los últimos años, los efectos del cambio climático han incrementado, siendo uno de los más destacados la inundación costera en zonas de alta exposición socioeconómica, por lo que su estudio en estos tiempos es recurrente. El municipio de Garachico en Tenerife es una de esas zonas que se ha visto afectada por eventos extremos que generan inundación, lo que conlleva a una gran exposición y vulnerabilidad de personas, edificios y pérdidas económicas considerables.

En este estudio se ha realizado el análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico. Según la definición del IPCC (IPCC,2014) para el cálculo del riesgo, son necesarias 3 componentes importantes que son la peligrosidad, la vulnerabilidad y la exposición por lo que se ha desarrollado una metodología para la caracterización de estas y obtener así los índices de riesgo. Teniendo como punto de partida una base de datos climática, con información de oleaje, marea astronómica y marea meteorológica para un escenario histórico que comprende desde 1985-2005. También se ha considera el análisis de 2 proyecciones dinámicas para tener en cuenta los efectos del cambio climático. Se han considerado dos escenarios de emisiones el RCP4.5 y RCP8.5 en dos periodos 2027-2045 y 2082-2100 para los cuales se cuenta con los datos de proyecciones del aumento del nivel medio del mar y variación de los drives meteo-oceánicos. Con los datos de entrada se ha realizado el cálculo del nivel medio del mar o TWL por sus siglas en inglés (total water level) considerando la altura de ola que excede el 2% de las olas, y utilizando la metodología descrita en el EuroTop. Para poder visualizar el incremento de la inundación debido a los fenómenos extremos se

han evaluado 8 periodos de retorno (1 año, 2 años, 5 años, 10 años, 25 años, 50 años, 100 años y 500 años) para cada escenario propuesto.

El análisis de inundación se ha realizado utilizando el método de la bañera (bathtub) mejorado (Lyn Williams & Lück-Vogel, 2020). En donde se hace uso de un modelo digital de terreno de alta resolución (1mx1m), la línea de costa, y los valores del TWL máximo de todos los tramos, además de considerar la pendiente y la rugosidad del terreno, con el fin de modelar la inundación y obtener valores de cotas de inundación asociada a las zonas afectadas obteniendo mapas de inundación por cada periodo de retorno de los 5 escenarios a evaluar. En cuanto a la vulnerabilidad este estudio se ha considerado evaluar el riesgo en las edificaciones del municipio, por lo que se ha utilizado información obtenida de GRAFCAN, sobre las edificaciones, y el uso de cada una, además de su clasificación de vulnerabilidad basada en antigüedad, a la vez que se ha utilizado curvas de daño dadas para cada categoría con el fin de determinar el porcentaje de daño asociada a un determinado nivel de inundación. Obteniendo así mapas de vulnerabilidad y de porcentaje de daño para todos los escenarios de estudio.

Para este estudio se ha considerado la exposición económica, para lo que se cuenta con el valor en euros por metro cuadrado de los sectores evaluados, es decir sector residencial, sector industrial, sector servicios y otros que se consideran edificaciones especiales, que incluye desde uso sanitario, cultural, deportivo, religioso y singular. Y así mismo se ha tenido en cuenta la exposición física, basada en la elevación del terreno, que se ha incluido en el modelo de la inundación.

Finalmente se ha realizado la caracterización del riesgo al unir estas 3 componentes que se describen en la metodología propuesta por el IPCC, obteniendo así el riesgo en cada edificación del municipio, en euros. Y mostrándose el resultado en mapas de riesgo y tablas con datos económicos para cada escenario evaluado.

Palabras claves: riesgo, cambio climático, método de la bañera (bathtub), vulnerabilidad, exposición,

Analysis of the increased risk of coastal flooding due to climate change in the Garachico coastline

Author: Sonia Omary Guardado

Directors: Javier López Lara, Alberto Vicente Fernández

Call: September 2022

Abstract

In recent years, the effects of climate change have increased, being one of the most prominent coastal flooding in areas of high socioeconomic exposure, therefore its study in these times is recurrent. The municipality of Garachico in Tenerife is one of those areas that has been affected by extreme events that generate flooding, which leads to high exposure and vulnerability of people, buildings, and considerable economic losses.

In this project, an analysis of the increased risk of coastal flooding due to the effect of climate change on the Garachico coastline has been carried out. According to the IPCC (IPCC,2014) definition for the calculation of risk, three important components are necessary: hazard, vulnerability, and exposure, therefore a methodology has been developed for the characterization of these and thus obtain the risk indexes. The starting point is a climatic database with information on waves, astronomical tides, and meteorological tides for a historical scenario from 1985-2005. The analysis of two dynamic projections has also been considered to take into account the effects of climate change. Two emission scenarios have been considered, RCP4.5 and RCP8.5 for the periods 2027-2045 and 2082-2100, for which data on mean sea level rise and met-ocean drivers variation are available. With the input data, the calculation of the total water level (TWL) has been carried out considering the wave height exceeded 2% of the waves, and using the methodology described in the EuroTop. In order to visualize the increase in flooding due to extreme events, 8 return periods (1 year, 2 years, 5 years, 5 years, 10 years, 25 years, 50 years, 100 years and 500 years) have been evaluated for each proposed scenario. The flood analysis was performed using

the improved bathtub method (Lyn Williams & Lück-Vogel, 2020). A high-resolution digital terrain model (1meterx1meter), the coastline, and the maximum TWL values of all the stretches are used, in addition to considering the slope and roughness of the terrain, in order to model the flooding and obtain flood elevation values associated with the affected areas, obtaining flood maps for each return period of the 5 scenarios to be evaluated. In terms of vulnerability, this study has considered assessing the risk in the buildings of the municipality, therefore information obtained from GRAFCAN has been used, on the buildings, and the use of each one, in addition to its vulnerability classification based on age, while damage curves given for each category have been used to determine the percentage of damage associated with a given level of flooding. Thus, vulnerability and damage percentage maps were obtained for all the study scenarios.

For this study we have considered the economic exposure, for which we have the value in euros per square meter of the evaluated sectors, i.e. residential sector, industrial sector, service sector and others that are considered special buildings, which include sanitary, cultural, sports, religious and singular use. The physical exposure, based on the height of the terrain, was also taken into account and included in the flood model.

Finally, the risk characterization has been carried out by joining these 3 components described in the methodology proposed by the IPCC, thus obtaining the risk in each building of the municipality, in euros. The result is shown in risk maps and tables with economic data for each scenario evaluated.

Key words: risk, climate change, bathtub method, vulnerability, exposure.

Dedicatoria

A Dios por darme la sabiduría necesaria, y guiarme en todos los pasos de mi vida. A mi madre Dilcia Guardado que siempre está para ayudarme a lograr todas las metas que me he propuesto. A mi familia por ser un pilar fundamental en mi vida. A mis amigos que siempre han estado a mi lado y me han brindado su apoyo incondicional. A mis profesores por brindarme sus conocimientos y por todo su tiempo invertido.



Agradecimientos

La obtención de este máster no hubiese sido posible sin personas e instituciones que me brindaron la oportunidad de poder lograr una de mis metas, prepararme para continuar creciendo profesionalmente.

En especial quiero agradecer a la Fundación Carolina y todo su personal, que me brindo la oportunidad de lograr uno de mis sueños, el estudiar en el extranjero y que han estado apoyándome en cada momento de este proceso.

Quiero mostrar mi agradecimiento y admiración a mi tutor de tesis Javier López Lara, por darme la oportunidad de trabajar con él en el desarrollo de este estudio, agradecer su paciencia, tiempo y dedicación, de igual manera agradecer a Alberto Fernández mi cotutor, por guiarme en cada paso y compartirme sus conocimientos siendo clave fundamental para lograr los objetivos propuestos, sin ellos no lo hubiese logrado.

Gracias a mis amigos de Honduras que siempre me brindaron su apoyo a la distancia y fueron mi sostén en esta aventura. También agradecer a Maëlys, Gregoire, Elise, por dejarme ser su amiga y compartir nuestras culturas, clases de francés y español y muchas risas. A mis compañeros de piso, Luis Fernando y Yailin que conocí a lo largo de este año que me han estado acompañando, y me han permitido formar parte de sus vidas. Y agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma me ha mostrados su apoyo.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1 Descripción del problema | 11 |
| 1.2 Objetivos | 13 |
| 1.3 Terminología | 13 |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO | 14 |
| 2.1 Localización..... | 14 |
| 2.2 Características | 15 |
| 3. ANALISIS DE DATOS INICIALES..... | 17 |
| 3.1 Modelo Digital del Terreno | 17 |
| 3.2 Caracterización del clima marítimo actual y variación por Cambio climático | 17 |
| 3.3 Datos del nivel medio del mar | 23 |
| 4. METODOLOGÍA..... | 24 |
| 4.1 Preproceso | 25 |
| 4.2 Cálculo de peligrosidad | 27 |
| 4.3 Modelado de Inundación. | 33 |
| 4.4 Caracterización de la vulnerabilidad..... | 36 |
| 4.5 Caracterización de la exposición..... | 38 |
| 4.6 Evaluación del riesgo | 39 |
| 5. RESULTADOS | 40 |
| 5.1 Inundación..... | 40 |
| 5.2 Impacto..... | 43 |
| 5.3 Valoración del riesgo | 47 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 50 |
| 7. REFERENCIAS..... | 53 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Temporal de 1987. Fuente (Narciso Ramos Comunicacion, SLU, 2018).. | 12 |
| Figura 2. Ubicación de Garachico. Fuente. Google Earth. | 14 |
| Figura 3. Modelo Digital del Terreno de Garachico. Fuente. ArcScene, ArcMap. | 17 |
| Figura 4. Tramos de división en el frente marítimo de Garachico. Fuente (Life Garachico , 2022)..... | 19 |
| Figura 5. ubicación de puntos de propagación de oleaje. Fuente. (Life Garachico , 2022). | 19 |
| Figura 6.Puntos de propagación y tramos asociados. Fuente. (Life Garachico , 2022). | 20 |
| Figura 7. Series temporales para el tramo 9. a) histórico b) 4.5_2045 c) 4.5_2100 d) 8.5_2045 Fuente. Propia. | 20 |
| Figura 8. Rosas de oleaje a) Tramo 1, b) Tramo 9, c) Tramo 12 d) Tramo14. Fuente. Propia. | 21 |
| Figura 9. Análisis extremal de Hs, para el tramo 9. Fuente. Propia..... | 22 |
| Figura 10.Series del aumento del nivel medio del mar (ANMM) A) histórico B) 4.5_2045 C) 4.5_2100 D) 8.5_2045 C) 8.5_2100.Fuente. Propia | 23 |
| Figura 11.Eschema de riesgo y principales componentes. Fuente. IPCC..... | 24 |
| Figura 12. Ajuste de Serie Temporal. Escenario Histórico. Tramo 9. Fuente. Propia, Ameva. | 27 |
| Figura 13. Ajuste de Serie Temporal. Escenario RCP 4.5_2045. Tramo 9. Fuente. Propia, Ameva. | 28 |
| Figura 14.Ajuste de Serie Temporal Escenario RCP 4.5_2100 tramo 9. Fuente. Propia. Ameva | 29 |
| Figura 15. Ajuste de Serie Temporal Escenario RCP 8.5_2045 tramo 9. Fuente. Propia. Ameva | 30 |
| Figura 16.Ajuste de Serie Temporal Escenario RCP 8.5_2100 tramo 13. Fuente. Propia. Ameva | 31 |
| Figura 17. Máximos TWL de los escenarios analizados. Fuente. Propia. | 32 |
| Figura 18. Mapa de inundación con el modelo Bathtub simple. Escenario histórico Tr=50. Fuente. Propia..... | 34 |
| Figura 19.Comparación de los resultados de inundación del modelo simple y el modelo modificado. Histórico Tr=50. Fuente. Propia | 35 |
| Figura 20.Mapa de Vulnerabilidad. Fuente. Propia | 36 |

| | |
|---|----|
| Figura 21. Curvas de Daño para Canarias. Fuente. GRAFCAN..... | 37 |
| Figura 22. Mapa de exposición. Fuente. Propia | 39 |
| Figura 23. Mapa de inundación para escenario histórico, dcha. Tr=500; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia | 40 |
| Figura 24. Mapa de inundación para escenario RCP4.5_2045, dcha. Tr=500; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia | 41 |
| Figura 25. Mapa de inundación para escenario RCP8.5_2045, dcha. Tr=500; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia | 41 |
| Figura 26. Área total de inundación por escenario. Fuente. Propia..... | 42 |
| Figura 27. Gráfica de cantidad de edificaciones por periodo de retorno para cada escenario. Fuente. Propia..... | 43 |
| Figura 28. Mapa de % de daño para escenario histórico, dcha.=500; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia | 44 |
| Figura 29. Mapa de % de daño para escenario RCP4.5_2045, dcha.=500; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia | 44 |
| Figura 30. Mapa de % de daño para escenario RCP8.5_2100, dcha. Tr=500; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia | 45 |
| Figura 31. Mapa de riesgo para escenario histórico, dcha.=500 años; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia. | 47 |
| Figura 32. Mapa de riesgo para escenario RCP4.5_2045, dcha.=500 años; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia. | 48 |
| Figura 33. Mapa de riesgo para escenario RCP8.5_2045, dcha.=500 años; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia. | 48 |
| Figura 34. Gráfica de riesgo en miles de euros. Fuente. Propia..... | 49 |
| Figura 35. Variaciones de las proyecciones frente al escenario histórico. Fuente. Propia | 49 |
| Figura 36. Mapa de inundación para un periodo de retorno de 500 años en el municipio de Garachico. Fuente. Consejo Insular de Aguas de Tenerife. | 51 |

índice de Ecuaciones

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Cálculo de Run-up. Fuente EuroTop. | 25 |
| Ecuación 2. Calculo de factor por presencia de una berma. Fuente. EuroTop..... | 26 |
| Ecuacion 3. Cálculo de $\gamma\beta$ | 26 |
| Ecuacion 4. Calculo de $\xi_m - 1.0$ | 26 |
| Ecuación 5. Cálculo del nivel del mar (TWL) | 27 |

índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Factores de rugosidad de la superficie para revestimientos típicos de terraplenes. Fuente. EuroTop..... | 26 |
| Tabla 2. Valores de TWL por periodos de retorno. Fuente. Propia. | 28 |
| Tabla 3. Valores de TWL por periodos de retorno para Escenario RCP 4.5_2045. Fuente. Propia. | 29 |
| Tabla 4. Valores de TWL por periodos de retorno para Escenario RCP 4.5_2100. Fuente. Propia. | 30 |
| Tabla 5. Valores de TWL por periodos de retorno para Escenario RCP 8.5_2045. Fuente. Propia. | 31 |
| Tabla 6. Valores de TWL por periodos de retorno para Escenario RCP 8.5_2100. Fuente. Propia. | 32 |
| Tabla 7. Valores económicos para cada uso de suelo. Fuente. (Life Garachico , 2022) | 38 |
| Tabla 8. Numero de edificaciones por uso de suelo. Fuente. Propia | 38 |
| Tabla 9. Escala color-numérica de riesgo. Fuente. Propia | 39 |
| Tabla 10. Numero de edificaciones por cota de inundación. Fuente. Propia..... | 43 |
| Tabla 11. Resumen de numero de edificaciones por categorías para cada escenario. Fuente. Propia. | 46 |

1. INTRODUCCIÓN

Según el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático), el cambio climático es sin duda uno de los temas de mayor interés en los últimos años, sus efectos constituyen uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la sociedad, por lo que es motivo de estudio por la comunidad científica. Una de las consecuencias más estudiadas es la inundación costera por eventos extremos en diferentes zonas que se vuelven cada vez más vulnerables ante el impacto que generan. El análisis del riesgo dividido en peligrosidad, exposición, vulnerabilidad es imperativo en las costas de intensa transformación, como las de la isla de Tenerife (Canarias), que por la continua urbanización que promueve el desarrollo turístico aumentan la vulnerabilidad y exposición de población, infraestructuras y edificios de diversos usos.

Se ha desarrollado un documento que sigue una metodología para el análisis de riesgo y su incremento por el efecto climático para el municipio de Garachico, Tenerife con la siguiente estructura:

1. Introducción, en donde se registra la problemática de la zona y la definición de terminología utilizada.
2. Descripción de la zona de estudio.
3. Análisis de datos de inicio.
4. Metodología de trabajo.
5. Resultados obtenidos.
6. Conclusiones y recomendaciones.

1.1 Descripción del problema

El frente costero de Garachico, municipio de Tenerife, es uno de los más afectados por las inundaciones costeras debido al cambio climático y el aumento de eventos extremos que se han observado en las últimas décadas. Uno de los eventos de mayor magnitud se registró en enero de 1987, en donde el oleaje de cobro la vida de dos personas (Narciso Ramos Comunicación, SLU, 2018).



Figura 1. Temporal de 1987. Fuente (Narciso Ramos Comunicacion, SLU, 2018).

En la actualidad persisten muchos eventos extremos que provocan inundación costera en la zona, provocando el daños económicos y elevado riesgo para las personas.

La dinámica litoral existente en dicha zona presenta una morfología muy compleja, llena de zonas rocosas muy irregulares, protecciones costeras con tipologías muy diversas (roca, escollera, bloques de hormigón, etc.) y la presencia de un roque que proporciona abrigo parcial al frente costero. Esta situación da lugar a una zona con patrones muy complejos de rotura del oleaje y rebases muy difíciles de representar a través formulaciones existentes en el estado del arte, y cuyas geometrías convencionales distan mucho de la realidad de la zona (Lara , y otros, 2019).

En cuanto a la influencia del cambio climático, se prevé un incremento en la frecuencia de los eventos extremos de un factor 100 entre los años 2010 y 2100 para las zonas de la Macaronésia. (Life Garachico , 2022).

En la última década se han invertido en Garachico una media de 50.000€ anuales en reparación de mobiliario urbano e infraestructuras debido a eventos extremos de inundación costera. (Life Garachico , 2022). Estos valores esperan verse aumentados en gran medida debido a los efectos del cambio climático sobre el nivel del mar y los fenómenos meteorológicos extremos. Por ello, un análisis del riesgo en el frente costero se estima necesario, así como su variación por los efectos del cambio climático y el aumento del nivel del mar para posteriormente desarrollar estrategias de adaptación a fin de reducir los impactos socioeconómicos y medioambientales en la región.

1.2 Objetivos

Se han planteado los siguientes objetivos:

- Modelar la inundación costera por efecto del cambio climático en el frente marítimo del municipio de Garachico, definiendo la relación entre la exposición física y la peligrosidad por inundación costera.
- Determinar el riesgo en las edificaciones, analizando la vulnerabilidad y la exposición a la inundación de estas.
- Comparar el riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático de los escenarios futuros con respecto al periodo actual.

1.3 Terminología

En todo estudio de caracterización de riesgo es fundamental especificar y aclarar los conceptos, para una correcta comprensión de la información. A continuación, se presenta una serie de conceptos utilizados en este trabajo.

Amenaza (Hazard): Ocurrencia potencial de una tendencia o suceso físico de origen natural o humano que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, provisión de servicios, ecosistemas y recursos ambientales (IPCC, 2019)

Exposición: La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos medioambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (IPCC, 2019).

Vulnerabilidad: Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2019).

Riesgo: En el marco de la evaluación de los impactos del clima, el término riesgo suele utilizarse para hacer referencia al potencial de consecuencias adversas de un peligro relacionado con el clima, o de las respuestas de adaptación o mitigación a dicho peligro, en la vida, los medios de subsistencia, la salud y el bienestar, los ecosistemas y las especies, los bienes económicos, sociales y culturales, los servicios

(incluidos los servicios ecosistémicos), y la infraestructura. Los riesgos se derivan de la interacción de la vulnerabilidad (del sistema afectado), la exposición a lo largo del tiempo (al peligro), así como el peligro (relacionado con el clima) y la probabilidad de que ocurra (IPCC, 2019).

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 Localización

El municipio de Garachico se encuentra a setenta kilómetros de la capital insular, Santa Cruz de Tenerife. Se erige como el término más al este de los que conforman la Comarca de Daute o Teno. Limita por el este con Icod de los Vinos y por el oeste con El Tanque y Los Silos. Su territorio se extiende desde las laderas noroccidentales del Pico Viejo hasta el mar. Allí ocupa una extensa franja de terreno litoral de unos 5,5 kilómetros de largo, formando parte de la denominada Isla Baja, una gran plataforma horizontal de origen volcánico. Su extensión superficial es de 29,28 km², y más de la mitad de las tierras están cubiertas por un extenso bosque de pino canario, improductivas superficies de lava reciente y un abrupto acantilado antiguo que separa el casco de sus medianías.



Figura 2. Ubicación de Garachico. Fuente. Google Earth.

2.2 Características

Unidades Morfológicas

El relieve de Garachico se define por su gran acantilado inactivo y por la verde plataforma litoral que se encuentra a sus pies. En esta última es donde se asienta la mayoría de la población y la actividad agrícola centrada en el cultivo del plátano. En sus medianías y cumbres el paisaje volcánico es el protagonista. Todos ellos se incluyen dentro de la conocida como Dorsal volcánica de Abeque.

Desde el punto de vista geomorfológico, el territorio de Garachico se divide en tres sectores bien diferenciados:

- La 'isla baja' tiene su origen en las coladas de lava de la Serie Basáltica III (subreciente) que procedentes del interior de la isla rebasaron el acantilado y descendieron hasta el mar. En ella se asienta algunos barrios costeros, como La Caleta de Interián. La acción erosiva del oleaje y los ascensos y descensos del nivel del mar hicieron retroceder la línea de costa, dejando al gran Roque de Garachico como testigo.
- Su espectacular acantilado antiguo de gran pendiente, mayor antigüedad y profundos barrancos como el de Las Palomas o el de Barranco Hondo, es hoy refugio de una de las formaciones de vegetación termófila mejor conservadas de Canarias.
- Las medianías y cumbres están constituidas igualmente por las coladas de la serie III, aunque cubiertas en una gran superficie por las coladas históricas pertenecientes al volcán de Arenas Negras o Trevejos. Sus cumbres, bajo un manto de pino canario de gran porte, se extienden hasta las faldas del volcán Pico Viejo. En el interior de las coladas también podemos encontrar algún que otro tubo volcánico.

La costa del frente marítimo de Garachico es suavemente acantilada, los fondos marinos son muy irregulares y la misma cota se encuentra a varias distancias de la línea de acantilado, la morfología del fondo es irregular en las zonas que corresponden a afloramiento rocoso que es en su mayor parte. Las cotas batimétricas van desde -5 m hasta -60 m referenciados a partir del cero hidrográfico.

Clima

La costa del municipio de Garachico está caracterizada por la constante influencia de la brisa marina que suaviza sus temperaturas. El promedio de precipitaciones es bajo, a medida que se adentra en sus medianías el ambiente es más fresco y agradable, semejante al clima mediterráneo, a mayor altura el clima es más frío y húmedo, En sus cumbres el aire es más seco y durante el invierno cae nieve, existe una gran amplitud térmica entre el día y la noche y el clima de esta zona es semejante al clima continental.

Economía

La economía del municipio se fundamenta en el pequeño comercio, turismo, restauración y agricultura. La distribución vertical del territorio contribuye a diferenciar dos zonas agrícolas: la franja costera, en la que se asientan extensas fincas, destinadas principalmente, al cultivo del plátano de exportación y la zona de medianías, donde se establece una agricultura de autoconsumo y donde se da una mayor atomización de la propiedad. El hecho de que el municipio se haya convertido en un lugar de visita obligada, y la actividad de varias infraestructuras hoteleras, han contribuido al desarrollo del comercio y de la restauración. En la zona del frente costero se encuentra el puerto deportivo y pesquero que constituye una importante fuente de actividad económica, así como los bienes patrimoniales entre los cuales se encuentra el castillo, las infraestructuras claves como hospitales, colegios y atractivos turísticos, concentrándose la mayor parte de la economía en esta zona.

Población

A 1 de enero de 2020 Garachico tenía un total de 4 869 habitantes, ocupando el 26º puesto en número de habitantes de la isla de Tenerife y el 33º de la provincia de Santa Cruz de Tenerife, así como el 63º de la comunidad autónoma de Canarias. La población relativa era de 166,29 hab./km². Por sexos contaba con 2 441 hombres y 2 428 mujeres.

3. ANALISIS DE DATOS INICIALES

3.1 Modelo Digital del Terreno

El modelo digital del terreno (MDT), es un elemento básico para el estudio de inundación costera, dado que es sobre este mismo que se basa el análisis de la exposición, y por lo tanto la definición del riesgo. Para este estudio se cuenta con un MDT el cual tiene celdas de 1 metro x 1 metro, que nos da como resultado un modelo con muy alta resolución para poder determinar con mayor precisión los niveles de inundación generados por los diferentes eventos extremos que se analizaran.

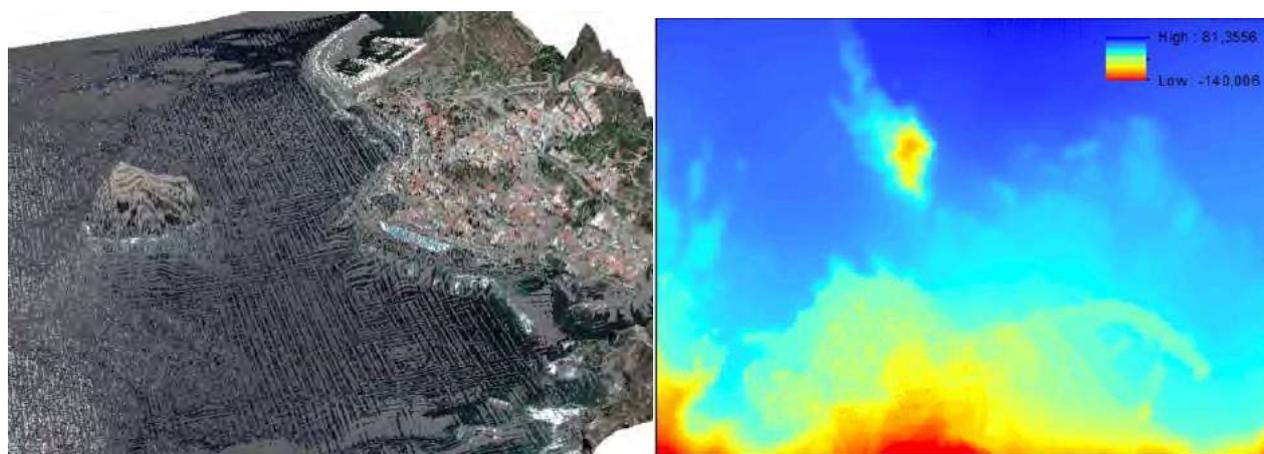


Figura 3. Modelo Digital del Terreno de Garachico. Fuente. ArcScene, ArcMap.

Como se observa en la figura 3 Garachico tiene características de una zona volcánica con costas rocosas y acantilados como ejemplifica el que se encuentra en el frente de paseo marítimo el monumento natural del Roque un elemento geomorfológico con origen volcánico el cual es de especial relevancia para el análisis de las dinámicas marinas y el efecto de estas en la costa.

3.2 Caracterización Del Clima Marítimo Actual Y Variación Por Cambio Climático

Para poder hacer el análisis del nivel del mar (Total Water Level o TWL), dato utilizado para modelar la inundación, se ha analizado varias bases de datos que contienen información del oleaje en el frente marítimo de Garachico, estos datos provienen de un downscaling híbrido del modelo CNRM CM5 (Centre National de Recherches Meteorologiques, Francia), parte de las proyecciones de cambio climático del CMP5. (Lemos et al, 2019).

Para tener en cuenta los efectos del cambio climático se analizan:

- 3 periodos temporales: Periodo histórico (1985-2005), 2027-2045 y 2082-2100.
- 2 escenarios de emisión de efecto invernadero, RCPs: RCP4.5, RCP8.5.

Los RCP son escenarios que incluyen series históricas y proyecciones de emisiones y concentraciones de todo el conjunto de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso y la cobertura del suelo. La palabra representativa significa que cada RCP proporciona sólo uno de los muchos escenarios posibles que llevarían a las características específicas de forzamiento radiativo. No sólo se tienen en cuenta los niveles de concentración a largo plazo, sino también la trayectoria seguida a lo largo del tiempo para llegar a ese.

RCP4.5 y RCP6.0: Dos vías de estabilización intermedia en las que el forzamiento radiativo se limita a aproximadamente $4,5 \text{ W m}^{-2}$ y $6,0 \text{ W m}^{-2}$ en 2100 (las correspondientes ECP tienen concentraciones constantes después de 2150).

RCP8.5: Una vía de altas emisiones que conduce a $>8,5 \text{ W m}^{-2}$ en 2100 (el PCE correspondiente tiene emisiones constantes después de 2100 hasta 2150 y concentraciones constantes después de 2250). (IPCC, 2019).

Se ha considerado también valores del oleaje según los percentiles del Nivel Medio del mar (NMM), que debido a la incertidumbre que se suelen trabajar con 10 percentiles distintos (P5, P15, P25, P35, P45, P55, P65, P75, P85 Y P95) que se aplican a la hora de propagar el oleaje a costa. En este estudio se tomaron los valores de oleaje del percentil P55 que es el que representa los valores más probables.

Dando como resultado 5 escenarios, un histórico y dos periodos futuros por 2 RCPs los cuales se evaluarán en toda la zona del frente marítimo de Garachico, que para un mejor análisis se dividió en 14 tramos que se observan en la figura 4.



Figura 4. Tramos de división en el frente marítimo de Garachico. Fuente (Life Garachico , 2022)

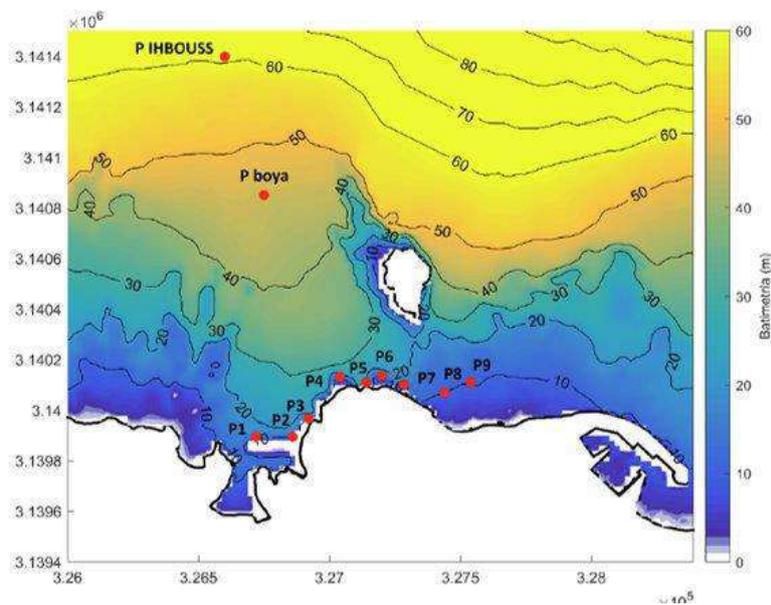


Figura 5. ubicación de puntos de propagación de oleaje. Fuente. (Life Garachico , 2022).

En la figura 5 se observa la ubicación de los puntos de control que se utilizaron en la propagación del oleaje, y para los cuales se cuenta con los datos de ola significativa (H_s), dirección del oleaje (Dir), periodo medio (T_m), periodo pico (T_p) y el aumento del nivel medio del mar (Sea Level Rise SLR, si corresponde) para cada tramo. De igual forma se han distribuido los puntos de propagación entre los tramos a evaluar, tal y como se muestra en la figura 6.

| Punto propagación | Tramo asociado a ese punto |
|-------------------|----------------------------|
| P1 | 1 a 4 |
| P2 | 5 a 7 |
| P3 | 8 |
| P4 | 9 |
| P5 | 10 |
| P6 | 11 |
| P7 | 12 |
| P8 | 13 |
| P9 | 14 |

Figura 6. Puntos de propagación y tramos asociados. Fuente. (Life Garachico, 2022).

Régimen medio.

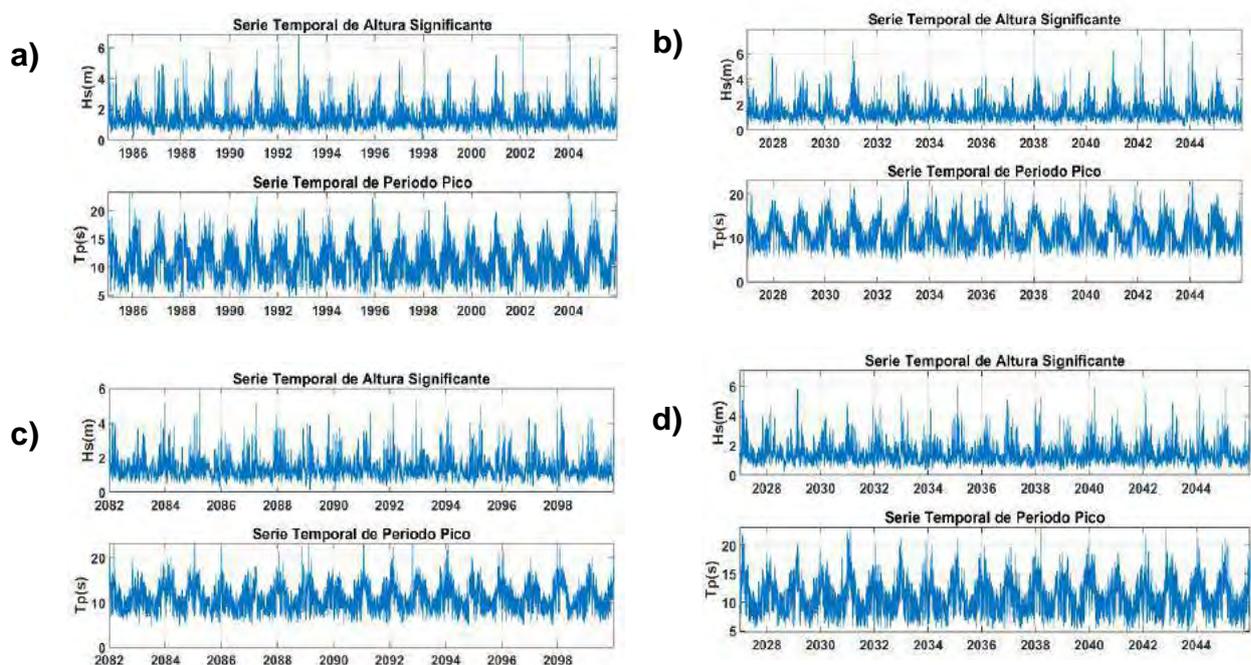


Figura 7. Series temporales para el tramo 9. a) histórico b) 4.5_2045 c) 4.5_2100 d) 8.5_2045 Fuente. Propia.

Se realizó el análisis del régimen medio de las distintas bases de datos obteniendo sus series temporales, como se muestra en la imagen para el tramo 9. En donde se observa como la altura de ola tiene una variación de 0 a 6 metros y en algunos casos sobrepasando este valor en todos los escenarios. En la altura de ola significativa hay una variación respecto al escenario histórico, en donde incrementan los valores máximos en un promedio de 16% con el escenario de RCP4.5_2045, y en un 3.07% con el escenario RCP8.5_2045, sin embargo, se nota como este valor de altura de ola

máxima decrece en un promedio de 14% para el escenario 4.5_2100 y se mantiene en el escenario RCP8.5_2100.

En cuanto a la dirección del oleaje tal y como se muestra en la figura 8 el tramo 1 tiene oleajes que en su mayoría vienen del noreste, y los tramos 9 y 12 predominan las olas que viene del noroeste, sin embargo, para el tramo 14 la dirección predominante es el norte. Esto debido a la ubicación de los tramos a lo largo de la costa ya que los puntos de estudio el oleaje está ya muy influido por la batimetría y el oleaje ha refractado completamente.

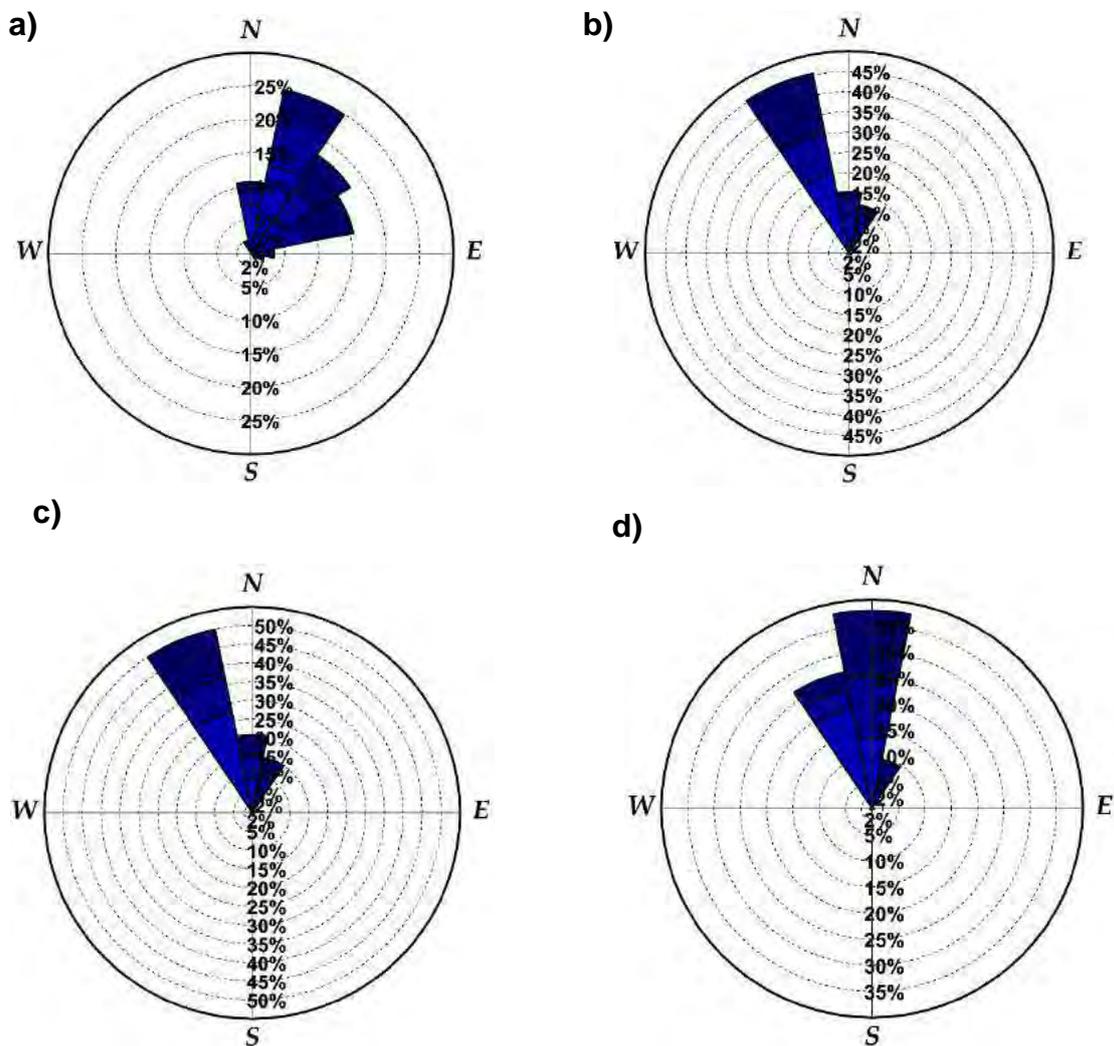


Figura 8. Rosas de oleaje a) Tramo 1, b) Tramo 9, c) Tramo 12 d) Tramo 14. Fuente. Propia.

Régimen Extremal.

Se realizó el análisis extremal multianual de las series climáticas tanto para el escenario histórico como para los escenarios RCP4.5_2045, RCP4.5_2100, RCP8.5_2045 y RCP8.5_2100, para todos los tramos, mostrando en la figura 7 el resultado de las variaciones para el tramo 9.

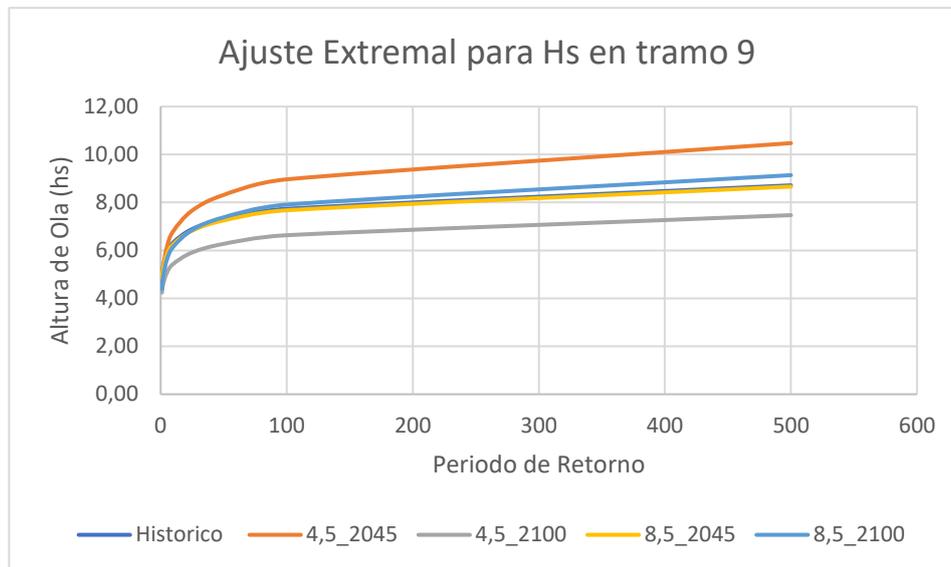


Figura 9. Análisis extremal de Hs, para el tramo 9. Fuente. Propia.

Analizando el periodo histórico se obtienen valores para el periodo de retorno 1 año de 4.93 metros y este valor asciende a 8.71 para el periodo de retorno de 500 años observándose un aumento de 3.36 metros, lo que representa un 76.7% de incremento.

Al analizar la variación entre el RPC4.5_2045 y el escenario histórico se observa un incremento que tiene una media de 8.18 % en los valores de la altura de ola para todos los periodos de retorno, sin embargo, al analizar el escenario histórico y el escenario RCP4.5-2100 se observa como decrece en una media de 14.17% los valores para las alturas de olas en todos los periodos analizados.

Este mismo comportamiento se observa en los escenarios RCP8.5_2045 y RCP8.5_2100 en donde las alturas de ola aumentan con una media de 1.15% y disminuye una media 2.4% respectivamente.

El escenario que presenta menores valores para la altura de ola es RCP4.5_2100, siendo de 4.24 m en el periodo de retorno de 1 año y que alcanza hasta 7.47 m para el periodo de retorno de 500 años.

3.3 Datos Del Nivel Medio Del Mar

El nivel medio del nivel del mar (Sea Level Rise SLR), presenta cambios a nivel global como local y en escalas de tiempo estacionales, anuales o interanuales. Para este estudio se cuenta con esta variación del NMM para los escenarios estudiados.

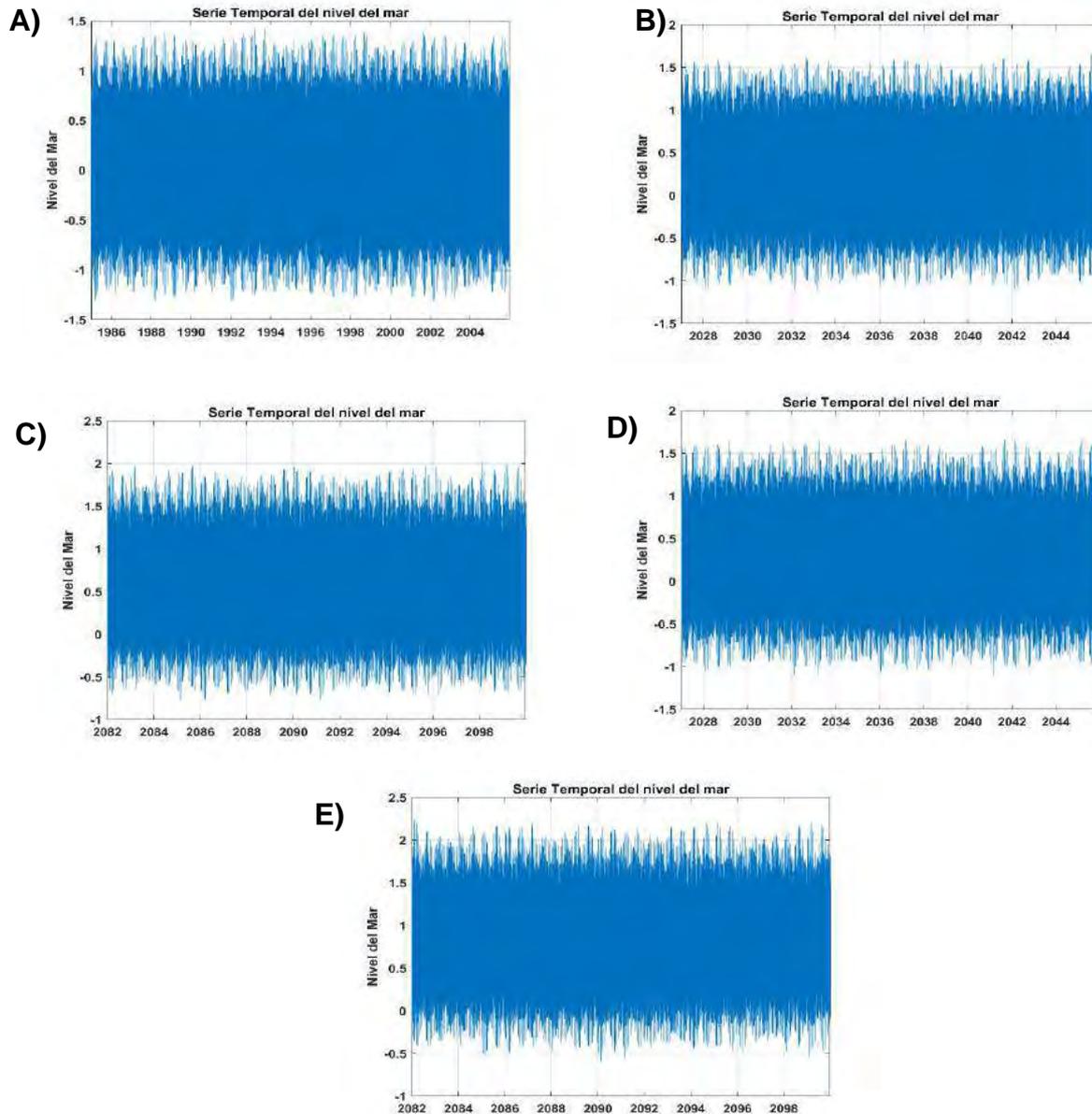


Figura 10. Series del aumento del nivel medio del mar (ANMM) **A)**histórico **B)** 4.5_2045 **C)** 4.5_2100 **D)** 8.5_2045 **E)**8.5_2100. Fuente. Propia

El aumento del nivel medio del mar para el escenario histórico oscila entre -1.31 metros y 1.41 metros a lo largo de toda la serie. Para el escenario RCP4.5_2045 los valores van desde -1.11 metros a 1.65 metros. El escenario RCP4.5_2100 tiene valores de -0.78 metros a 2.02 metros. El escenario RCP8.5_2045 los valores van desde -1.11 metros a 1.68 metros. El escenario RCP8.5_2100 tiene valores de -0.59

metros a 2.25 metros. Estos resultados muestran como el NMM aumenta en todos los escenarios de cambio climático siendo el escenario RCP4.5_2100 y el RCP 8.5_2100 los que representan valores máximos más elevados de 2.02m y 2.24m respectivamente en comparación al escenario histórico que tiene un valor máximo de 1.65m. Estos datos se utilizaron para el cálculo del nivel del mar o TWL.

4. METODOLOGÍA

La metodología que se desarrolla en este estudio está basada en la definición que tiene el IPCC sobre el riesgo, el cual se define por sus tres componentes principales que son la peligrosidad (Hazard), la exposición y la vulnerabilidad.



Figura 11. Esquema de riesgo y principales componentes. Fuente. IPCC, 2014.

Se evalúa el riesgo actual inducido por el cambio climático, así como la variación de riesgo entre el periodo histórico y los periodos futuros analizados.

La metodología del estudio se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Obtención de bases de datos mete oceánicas en la costa de Garachico.
2. Modelización del run-up y de los niveles de agua usando la metodología del Eurotop.
3. Cálculo de la peligrosidad: Régimen extremal del nivel del mar (Total Water Level, TWL), para obtener los niveles de agua a utilizar en el modelo de la inundación.
4. Revisión y modificaciones del DEM (Digital Model Elevation).
5. Modelo de la inundación mediante el uso del modelo Bathtub.
6. Cálculo de la vulnerabilidad y exposición de la zona de estudio

7. Cálculo y valoración del riesgo por inundación costera en el frente marítimo de Garachico, a través del uso de curvas de daños.

El daño se estudiará de dos formas, bajo un enfoque cualitativo con la elaboración de mapas e índices y un enfoque cuantitativo, en donde se determina cuantificando los daños económicamente.

4.1 Preproceso

Modelo de elevación digital.

El modelo que se utilizara para la caracterización de la exposición se basa en técnicas de modelos de información geográfica (GIS), por lo que con una resolución espacial media se pueden analizar de forma local los procesos de inundación de las costas y evaluar así el riesgo de las zonas costeras de una forma adecuada.

Para este estudio la única modificación que se realizó fue que por el método a utilizar se debe de colocar toda la zona de agua como NoData, por lo que se realizó en Matlab seleccionando todos los valores negativos (zona del mar) y cambiando esos valores por -9999 obteniendo así el MDT final.

Cálculo de Run-up

Al tener los datos de altura de olas propagas hasta pie de dique, se procede al cálculo del run-up utilizando la metodología del Eurotop descrita en el capítulo 5 de este.

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = 1.65 \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \xi_{m-1.0}$$

Ecuación 1. Cálculo de Run-up. Fuente EuroTop.

En donde:

$R_{u2\%}$ = altura de ola que excede el 2%

H_{m0} = Altura de ola

γ_b = factor por presencia de una berma

γ_f = factor de rugosidad de la pendiente

γ_β = factor de oblicuidad del oleaje

$\xi_{m-1.0}$ = parametro de rotura.

Cálculo de γ_b

Para el cálculo del factor γ_b se utilizó la siguiente fórmula:

$$\gamma_b = 1 - r_b(1 - r_{bd})$$

Ecuación 2. Cálculo de factor por presencia de una berma. Fuente. EuroTop.

r_b : representa la influencia de la anchura de la berma y se convierte en cero si no hay berma.

Cálculo de γ_f

Para el cálculo del factor γ_f se utilizó la tabla 5.2 del EuroTop.

| Reference type | γ_f | Figure |
|--|------------|--------------|
| Concrete | 1.0 | |
| Asphalt | 1.0 | Figure 5.21b |
| Closed concrete blocks | 1.0 | Figure 5.21c |
| Grass | 1.0 | Figure 5.21a |
| Basalt, basaltón | 0.90 | Figure 5.21d |
| Placed revetment blocks (Haringman, Fixtone) | 0.90 | Figure 5.21d |

Tabla 1. Factores de rugosidad de la superficie para revestimientos típicos de terraplenes. Fuente. EuroTop

Cálculo de γ_β

Para el cálculo del factor γ_β se utilizó la siguiente fórmula:

$$\gamma_\beta = 1 - 0.0022|\beta|$$

Ecuación 3. Cálculo de γ_β

Cálculo de $\xi_{m-1.0}$

$$\xi_{m-1.0} = \frac{\tan\alpha}{\sqrt{\frac{H_{m0}}{L_{m-1.0}}}}$$

Ecuación 4. Cálculo de $\xi_{m-1.0}$

Donde

α = Pendiente enfrente de la cara de la estructura.

$L_{m-1.0}$ = Longitud de onda en aguas indefinidas.

4.2 Cálculo De Peligrosidad

Al tener el valor del run-up se procede al cálculo del TWL el cual se calcula con la suma del run-up con el SLR teniendo en cuenta el nivel de referencia de la base de datos. Esto con el fin de obtener la peligrosidad.

$$NM = R_{u2\%} + ANMM + MM + MA + \text{nivel de referencia.}$$

Ecuación 5. Cálculo del nivel del mar (TWL)

NM= Nivel del mar o TWL (Total Water Level) en metros.

$R_{u2\%}$ = altura de ola que excede el 2% de las olas.

ANMM= aumento del nivel medio del mar o SLR

MM= Marea meteorológica

MA= Marea astronómica

Régimen extremal del nivel del mar

Al tener los datos del nivel del mar (TWL) se procede al análisis extremal de dicha variable, usando AMEVA y su función POT (Peak Over Threshold) la cual selecciona los picos máximos, entre todos aquellos que superan un umbral, seguida de la función generalizada de valores extremos GEV.

Análisis de escenario histórico.

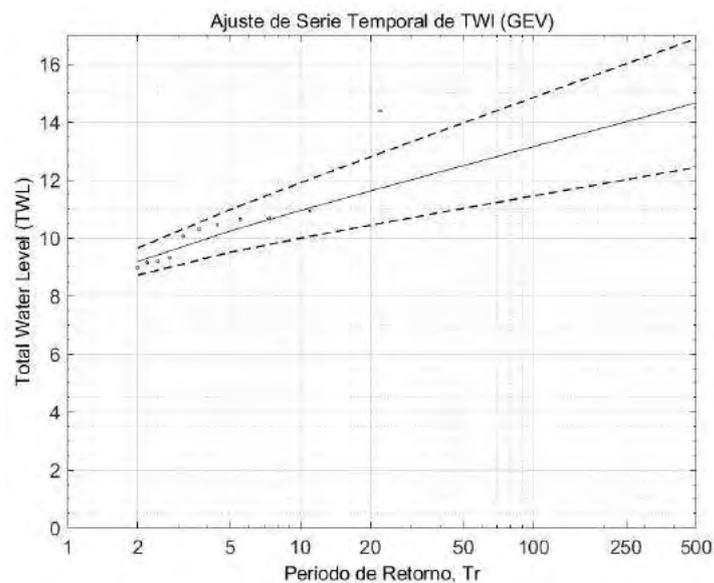


Figura 12. Ajuste de Serie Temporal. Escenario Histórico. Tramo 9. Fuente. Propia, Ameva.

| Histórico | Periodo de Retorno (Tr) | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Tramo | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 1 | 9,522 | 9,759 | 10,073 | 10,310 | 10,624 | 10,861 | 11,099 | 11,650 |
| 2 | 9,522 | 9,759 | 10,073 | 10,310 | 10,624 | 10,861 | 11,099 | 11,650 |
| 3 | 9,522 | 9,759 | 10,073 | 10,310 | 10,624 | 10,861 | 11,099 | 11,650 |
| 4 | 9,522 | 9,759 | 10,073 | 10,310 | 10,624 | 10,861 | 11,099 | 11,650 |
| 5 | 9,174 | 9,378 | 9,648 | 9,853 | 10,123 | 10,327 | 10,531 | 11,005 |
| 6 | 9,312 | 9,537 | 9,835 | 10,060 | 10,358 | 10,583 | 10,809 | 11,332 |
| 7 | 9,312 | 9,537 | 9,835 | 10,060 | 10,358 | 10,583 | 10,809 | 11,332 |
| 8 | 9,756 | 10,052 | 10,444 | 10,740 | 11,132 | 11,428 | 11,725 | 12,412 |
| 9 | 10,173 | 10,517 | 10,972 | 11,315 | 11,770 | 12,114 | 12,458 | 13,256 |
| 10 | 9,280 | 9,520 | 9,837 | 10,076 | 10,393 | 10,633 | 10,872 | 11,429 |
| 11 | 9,555 | 9,858 | 10,259 | 10,563 | 10,964 | 11,267 | 11,570 | 12,275 |
| 12 | 9,111 | 9,329 | 9,617 | 9,834 | 10,122 | 10,340 | 10,558 | 11,063 |
| 13 | 9,121 | 9,298 | 9,531 | 9,708 | 9,942 | 10,118 | 10,295 | 10,705 |
| 14 | 9,752 | 10,013 | 10,357 | 10,618 | 10,962 | 11,223 | 11,483 | 12,088 |
| TWL Máximo | 10,173 | 10,517 | 10,972 | 11,315 | 11,770 | 12,114 | 12,458 | 13,256 |

Tabla 2. Valores de TWL por periodos de retorno. Fuente. Propia.

Al analizar el ajuste de la serie temporal se definieron 8 periodos de retorno a evaluar los cuales son 1,2,5,10,25,50,100 y 500 años. Para tales valores se calcularon los diferentes valores de TWL para cada tramo tal y como se muestran en la tabla 2. En donde vemos que los valores de TWL mayores se dan en su mayoría en el tramo 9, obteniendo valores desde 10,173 m hasta 13,256 m. Así como también se observa un incremento de estos valores a medida que aumenta el periodo de retorno.

Análisis de escenario RCP 4.5 a inicios de siglo (2045)

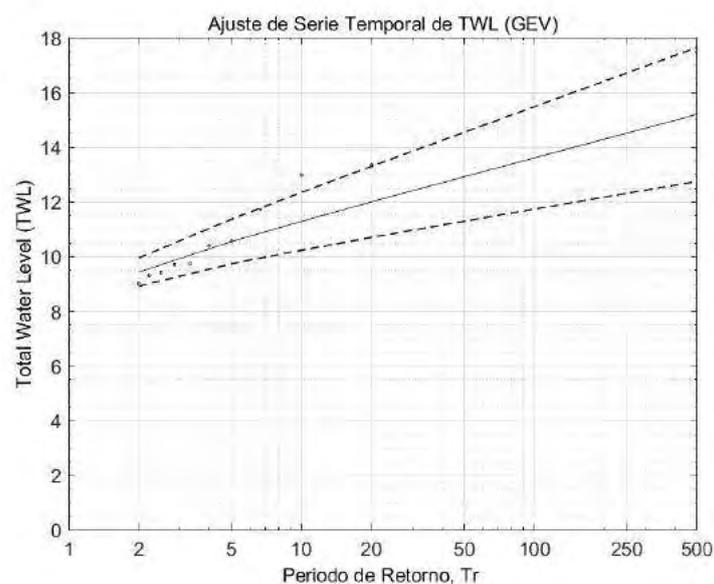


Figura 13. Ajuste de Serie Temporal. Escenario RCP 4.5_2045. Tramo 9. Fuente. Propia, Ameva.

| 4.5-45 | Periodo de Retorno (Tr) | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Tramo | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| 1 | 9,63 | 9,92 | 10,31 | 10,61 | 10,99 | 11,29 | 11,58 | 12,26 |
| 2 | 9,63 | 9,92 | 10,31 | 10,61 | 10,99 | 11,29 | 11,58 | 12,26 |
| 3 | 9,63 | 9,92 | 10,31 | 10,61 | 10,99 | 11,29 | 11,58 | 12,26 |
| 4 | 9,63 | 9,92 | 10,31 | 10,61 | 10,99 | 11,29 | 11,58 | 12,26 |
| 5 | 9,42 | 9,68 | 10,02 | 10,29 | 10,63 | 10,89 | 11,16 | 11,77 |
| 6 | 9,42 | 9,68 | 10,02 | 10,29 | 10,63 | 10,89 | 11,16 | 11,77 |
| 7 | 9,42 | 9,68 | 10,02 | 10,29 | 10,63 | 10,89 | 11,16 | 11,77 |
| 8 | 9,88 | 10,23 | 10,71 | 11,06 | 11,53 | 11,89 | 12,24 | 13,07 |
| 9 | 10,32 | 10,74 | 11,31 | 11,74 | 12,30 | 12,73 | 13,16 | 14,15 |
| 10 | 9,42 | 9,69 | 10,04 | 10,30 | 10,65 | 10,92 | 11,18 | 11,80 |
| 11 | 9,74 | 10,06 | 10,47 | 10,79 | 11,21 | 11,53 | 11,84 | 12,58 |
| 12 | 9,27 | 9,50 | 9,81 | 10,04 | 10,35 | 10,58 | 10,81 | 11,34 |
| 13 | 9,23 | 9,43 | 9,70 | 9,90 | 10,17 | 10,37 | 10,57 | 11,04 |
| 14 | 9,87 | 10,19 | 10,61 | 10,93 | 11,34 | 11,66 | 11,98 | 12,71 |
| TWL Máximo | 10,315 | 10,743 | 11,308 | 11,736 | 12,302 | 12,729 | 13,157 | 14,150 |

Tabla 3. Valores de TWL por periodos de retorno para Escenario RCP 4.5_2045. Fuente. Propia.

Para el escenario RCP 45_2045 se encuentran valores de TWL para los diferentes periodos de retorno que van desde 10,315 m a 14,150 m, que respecto al escenario histórico son mayores, al igual que se muestra que los máximos valores se dan en el tramo 9 del paseo marítimo.

Análisis de escenario RCP 4.5 a finales de siglo (2100).

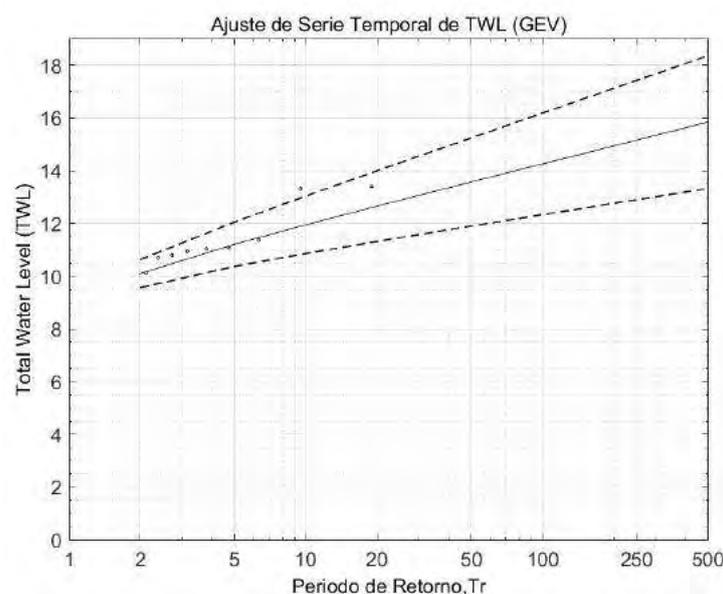


Figura 14. Ajuste de Serie Temporal Escenario RCP 4.5_2100 tramo 9. Fuente. Propia. Ameva

| 4.5-100 | TR | | | | | | | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Tramo | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 1 | 9,91 | 10,08 | 10,32 | 10,50 | 10,73 | 10,91 | 11,09 | 11,50 |
| 2 | 9,91 | 10,08 | 10,32 | 10,50 | 10,73 | 10,91 | 11,09 | 11,50 |
| 3 | 9,91 | 10,08 | 10,32 | 10,50 | 10,73 | 10,91 | 11,09 | 11,50 |
| 4 | 9,91 | 10,08 | 10,32 | 10,50 | 10,73 | 10,91 | 11,09 | 11,50 |
| 5 | 9,71 | 9,87 | 10,09 | 10,26 | 10,47 | 10,64 | 10,81 | 11,19 |
| 6 | 9,71 | 9,87 | 10,09 | 10,26 | 10,47 | 10,64 | 10,81 | 11,19 |
| 7 | 9,71 | 9,87 | 10,09 | 10,26 | 10,47 | 10,64 | 10,81 | 11,19 |
| 8 | 10,07 | 10,29 | 10,57 | 10,78 | 11,06 | 11,27 | 11,48 | 11,97 |
| 9 | 10,43 | 10,68 | 11,02 | 11,27 | 11,61 | 11,87 | 12,12 | 12,72 |
| 10 | 9,66 | 9,83 | 10,04 | 10,21 | 10,43 | 10,59 | 10,76 | 11,14 |
| 11 | 9,91 | 10,12 | 10,39 | 10,59 | 10,87 | 11,07 | 11,28 | 11,75 |
| 12 | 9,54 | 9,69 | 9,89 | 10,04 | 10,23 | 10,38 | 10,53 | 10,88 |
| 13 | 9,58 | 9,73 | 9,92 | 10,06 | 10,25 | 10,40 | 10,54 | 10,88 |
| 14 | 10,15 | 10,35 | 10,61 | 10,81 | 11,08 | 11,28 | 11,48 | 11,94 |
| TWL Máximo | 10,425 | 10,681 | 11,018 | 11,274 | 11,612 | 11,867 | 12,123 | 12,716 |

Tabla 4. Valores de TWL por periodos de retorno para Escenario RCP 4.5_2100. Fuente. Propia.

Los valores del TWL para el escenario RCP 4.5_2100 tras el ajuste de extremos y para los diferentes periodos de retorno se encuentran entre 10,425 m y 12,716 m. Y manteniéndose igual que en los escenarios anteriores el tramo 9 con mayores valores de TWL. Con respecto al escenario anterior (RCP 4.5_2045) se observa una disminución de los valores.

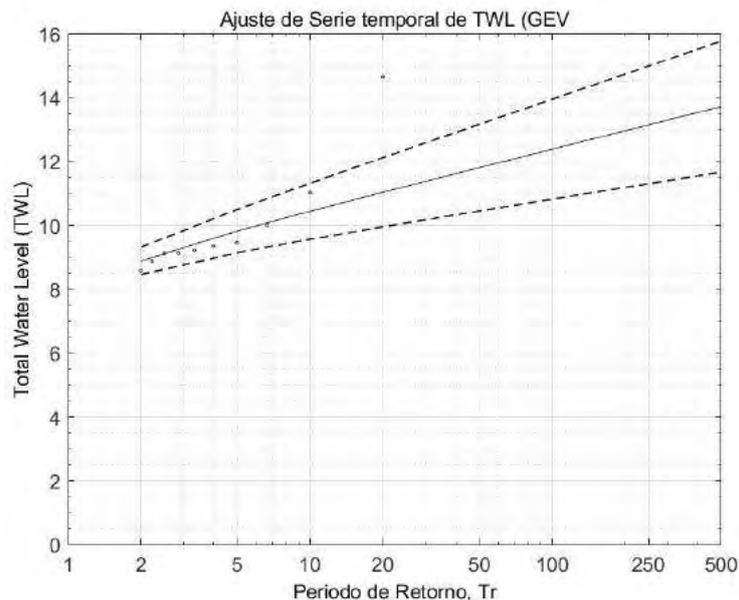


Figura 15. Ajuste de Serie Temporal Escenario RCP 8.5_2045 tramo 9. Fuente. Propia. Ameva

| 8.5-45 | TR | | | | | | | | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Tramo | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| 1 | 9,76 | 10,00 | 10,32 | 10,56 | 10,88 | 11,12 | 11,36 | 11,36 | 10,06 |
| 2 | 9,76 | 10,00 | 10,32 | 10,56 | 10,88 | 11,12 | 11,37 | 11,37 | 11,93 |
| 3 | 9,76 | 10,00 | 10,32 | 10,56 | 10,88 | 11,12 | 11,36 | 11,36 | 11,93 |
| 4 | 9,76 | 10,00 | 10,32 | 10,56 | 10,88 | 11,12 | 11,36 | 11,36 | 11,93 |
| 5 | 9,55 | 9,75 | 10,03 | 10,24 | 10,52 | 10,73 | 10,94 | 10,94 | 11,42 |
| 6 | 9,55 | 9,75 | 10,03 | 10,24 | 10,52 | 10,73 | 10,94 | 10,94 | 11,42 |
| 7 | 9,55 | 9,75 | 10,03 | 10,24 | 10,52 | 10,73 | 10,94 | 10,94 | 11,42 |
| 8 | 10,02 | 10,32 | 10,72 | 11,02 | 11,41 | 11,71 | 12,01 | 12,01 | 12,70 |
| 9 | 10,46 | 10,83 | 11,32 | 11,69 | 12,19 | 12,56 | 12,93 | 12,93 | 13,80 |
| 10 | 9,52 | 9,74 | 10,02 | 10,24 | 10,52 | 10,74 | 10,95 | 10,95 | 11,45 |
| 11 | 9,81 | 10,09 | 10,46 | 10,74 | 11,11 | 11,39 | 11,67 | 11,67 | 12,32 |
| 12 | 9,36 | 9,54 | 9,79 | 9,98 | 10,23 | 10,42 | 10,60 | 10,60 | 11,04 |
| 13 | 9,34 | 9,49 | 9,68 | 9,83 | 10,03 | 10,17 | 10,32 | 10,32 | 10,66 |
| 14 | 10,01 | 10,26 | 10,59 | 10,84 | 11,17 | 11,43 | 11,68 | 11,68 | 12,26 |
| TWL Máximo | 10,456 | 10,829 | 11,322 | 11,695 | 12,188 | 12,561 | 12,934 | 12,934 | 13,799 |

Tabla 5. Valores de TWL por periodos de retorno para Escenario RCP 8.5_2045. Fuente. Propia.

Los tramos 8 y 9 para el escenario RCP 8.5_2045 son los que presentan mayores valores de TWL siendo estos entre 10,456 m y 13,799 m. Este escenario presenta un aumento en el valor del TWL respecto al escenario RCP4.5 (2045-2100).

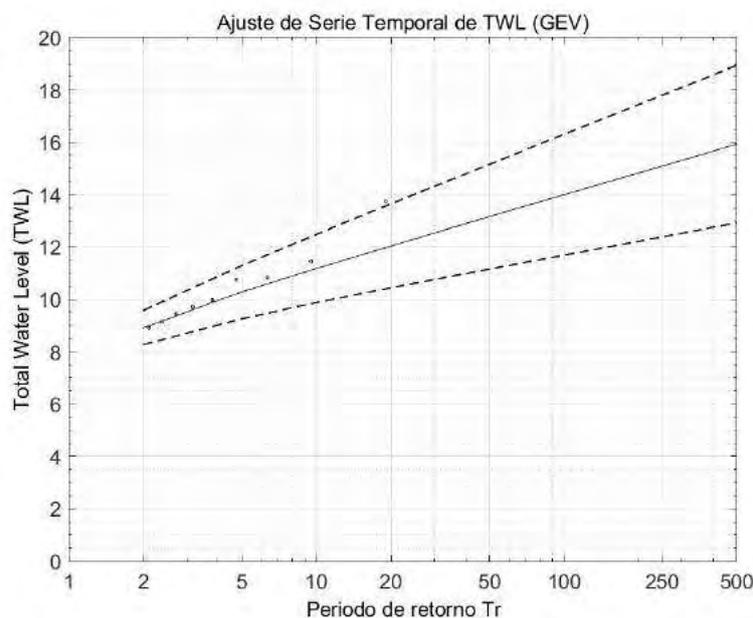


Figura 16. Ajuste de Serie Temporal Escenario RCP 8.5_2100 tramo 13. Fuente. Propia. Ameva

| 8.5-100 | TR | | | | | | | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| 1 | 10,09 | 10,31 | 10,61 | 10,84 | 11,14 | 11,37 | 11,60 | 12,13 |
| 2 | 9,93 | 10,12 | 10,38 | 10,57 | 10,82 | 11,01 | 11,21 | 11,65 |
| 3 | 10,09 | 10,31 | 10,61 | 10,84 | 11,14 | 11,37 | 11,60 | 12,13 |
| 4 | 10,09 | 10,31 | 10,61 | 10,84 | 11,14 | 11,37 | 11,60 | 12,13 |
| 5 | 9,93 | 10,12 | 10,38 | 10,57 | 10,83 | 11,03 | 11,22 | 11,67 |
| 6 | 9,93 | 10,12 | 10,38 | 10,57 | 10,83 | 11,03 | 11,22 | 11,67 |
| 7 | 9,93 | 10,12 | 10,38 | 10,57 | 10,83 | 11,03 | 11,22 | 11,67 |
| 8 | 10,29 | 10,57 | 10,95 | 11,23 | 11,61 | 11,89 | 12,18 | 12,83 |
| 9 | 10,68 | 11,04 | 11,52 | 11,88 | 12,36 | 12,72 | 13,08 | 13,92 |
| 10 | 9,94 | 10,14 | 10,40 | 10,60 | 10,86 | 11,06 | 11,26 | 11,72 |
| 11 | 10,20 | 10,46 | 10,79 | 11,05 | 11,38 | 11,64 | 11,89 | 12,48 |
| 12 | 9,82 | 9,99 | 10,21 | 10,38 | 10,60 | 10,77 | 10,94 | 11,34 |
| 13 | 9,77 | 9,92 | 10,11 | 10,26 | 10,46 | 10,61 | 10,76 | 11,10 |
| 14 | 10,31 | 10,56 | 10,88 | 11,12 | 11,45 | 11,69 | 11,94 | 12,50 |
| TWL Máximo | 10,677 | 11,039 | 11,518 | 11,880 | 12,359 | 12,721 | 13,084 | 13,925 |

Tabla 6. Valores de TWL por periodos de retorno para Escenario RCP 8.5_2100. Fuente. Propia.

Para este último escenario analizado el cual corresponde al RCP 8.5_2100 los niveles de TWL siguen aumentando en todos los tramos obteniendo máximos valores de hasta 13,925 m para el periodo de retorno de 500 años.

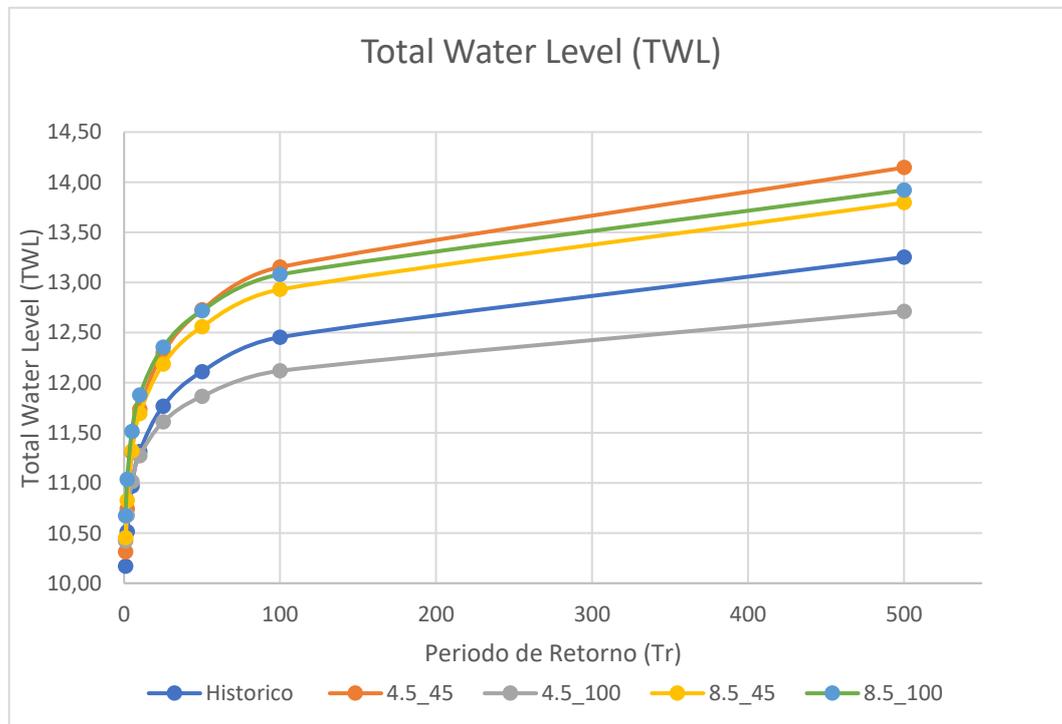


Figura 17. Máximos TWL de los escenarios analizados. Fuente. Propia.

En la gráfica de la figura 17 se observa un resumen de todos los valores máximos de los diferentes tramos por periodo de retorno, que corresponden a los 5 escenarios planteados. Para los escenarios RCP8.5(2045-2100) y RCP4.5(2045) los niveles de TWL son mayores al escenario histórico, sin embargo, el escenario RCP4.5_2100 presenta valores menores. Esto es debido a que a pesar del efecto del ANMM (Sea Level Rise, SLR), el nivel del mar se ve complementado por una reducción del oleaje a final de siglo en el escenario RCP4.5, como se observa la figura 7 del apartado **3.2. Datos de oleaje.**

4.3 Modelado de Inundación.

Para determinar la inundación que se produce por el efecto del cambio climático en el paseo marítimo de Garachico se utilizara el modelo de bañera (Bathtub) basado en el GIS.

En este estudio se decidió analizar dos métodos de la bañera (Bathtub) uno simple y otro mejorado usando la modelización basada en GIS, el primero realiza un análisis basado solamente en nivel de agua para la inundación, y el método mejorado incluye la pendiente y la rugosidad del terreno y a continuación se seleccionó el que mejor resultados presenta.

Modelo de Bañera Simple.

Al utilizar este método se requiere solamente dos entradas: Un archivo DEM de alta resolución, el cual se describe en la sección 4.1. Preproceso, y un nivel de agua de inundación que se define por el usuario. Para el nivel de agua se utilizan los valores de TWL máximos de todos los tramos para cada periodo de retorno.

El procedimiento se realizó en ARCGIS es el siguiente:

- Se carga el archivo DEM
- Utilizando la herramienta Ráster Calculator se selecciona todo lo que esté por debajo del nivel de agua y esto representa las áreas inundadas.

En este estudio se modelo el escenario histórico con el fin de poder comparar con el otro método.

El resultado obtenido es un mapa que contiene áreas inundadas. Tal como se muestra en la figura 18.



Figura 18. Mapa de inundación con el modelo Bathtub simple. Escenario histórico $Tr=50$. Fuente. Propia.

Modelo de Bañera Mejorado

El modelo de bathtub mejorado sigue el mismo principio del modelo simple que es a partir de un nivel de agua, se inunda todas aquellas zonas que presenten una cota menor que este, sin embargo, este método se ha mejorado incorporando el valor de la pendiente y la rugosidad del terreno (Lyn Williams & Lück-Vogel, 2020).

Los valores de entrada que necesita el modelo son los siguientes:

- MDT, un modelo del terreno que tenga una alta resolución.
- Fuente de agua. El modelo requiere una fuente de agua como punto de partida para la modelización de la inundación. En el caso de la inundación costera, esta fuente es la línea de costa. (Lyn Williams & Lück-Vogel, 2020)
- Nivel de agua, que para este estudio es el valor del TWL para los diferentes escenarios y periodos de retorno.
- Coeficiente de rugosidad. Como se sabe la rugosidad juega un papel muy importante en el modelado de inundación, ya que influye directamente en el movimiento del agua. Para tener en cuenta los diferentes entornos receptores, se incluyó en el desarrollo del modelo un rango de datos del coeficiente de rugosidad entre 0 para superficies hidráulicamente muy rugosas y 1 para superficies lisas, basado en los valores del coeficiente de rugosidad según la FEMA (FEMA, 2007).

El proceso se desarrolló en ArcGIS Siguiendo los siguientes pasos:

1. Identificar las zonas más bajas que el nivel de agua de inundación especificado.
2. Reclasificar el ráster en dos clases, en donde los valores de 0 se definieron como NoData, con este paso se eliminaron las áreas con una elevación superior al nivel de agua de inundación de entrada, con esto las celdas NoData sirven como barrera lo que obliga la inundación a rodearlas cuando se utiliza la herramienta de Coste-distancia.
3. En el paso tres se calculó la pendiente y su ángulo usando los datos del MDT de entrada.
4. En el paso cuatro se divide el resultado de la pendiente por la rugosidad definida.
5. En el paso cinco se utilizó la herramienta Coste-Distancia de ArcGIS que calcula las zonas de inundación y las vías que favorecen el movimiento del agua basándose en la ruta de menor coste acumulado por celdas. Aquí se utilizó la línea de costa que indica la línea base a partir de la cual el agua se propaga.
6. Y finalmente se convirtió el resultado del ráster de distancia de coste en una máscara de inundación. (Lyn Williams & Lück-Vogel, 2020).

El resultado de este procedimiento es una capa ráster con los niveles de inundación respecto a la línea de costa, con las alturas relativas para cada píxel del MDT.



Figura 19. Comparación de los resultados de inundación del modelo simple y el modelo modificado. Histórico $T_r=50$. Fuente. Propia

Los resultados para la inundación utilizando el TWL para el escenario histórico y el periodo de retorno 50 años se muestra en la figura 19. En donde se hace una comparación entre los modelos utilizados, y se observan los resultados para el método simple (1) en color rojo y para el método mejorado (2) en tonos azules a rosas.

Tal como se observa en la figura para el método 1, la superficie de inundación es mayor que la que se muestra para el método 2. Específicamente se nota como hay áreas que están relacionadas con la línea de costa y que son identificadas como inundadas en el método 1 y que no son inundadas al utilizar el método 2. Esto se debe a que en el modelo modificado tiene la capacidad de frenar la inundación debido a que se incluye la pendiente de la zona y la rugosidad. También se observa como las carreteras presentan inundación ya que sirven como conductos de agua. Por lo que se concluye que las diferencias entre método varían dependiendo de la pendiente que muestra el terreno en donde se está evaluando la inundación. Por tanto, se decidió utilizar el modelo de la bañera modificado ya que representa de una forma más fidedigna los valores de la inundación y por lo tanto es más adecuado.

4.4 Caracterización De La Vulnerabilidad

Para caracterizar la vulnerabilidad se utilizarán dos enfoques, uno cualitativo en donde se mostrarán las diferentes edificaciones que son vulnerables a la peligrosidad y otro de carácter cuantitativo para el cual se utilizaran curvas de daños y se determina el % de daño de cada edificación.



Figura 20. Mapa de Vulnerabilidad. Fuente. Propia

Los datos iniciales para realizar este proceso son dados en formato de capas GIS, por el GRAFCAN. Estas capas contienen la información del uso de cada edificación, así como la vulnerabilidad de estos. Para el caso de Garachico se evaluarán los siguientes usos: Fabricación y almacenamiento, edificio de viviendas, sector servicios y otros.

Así mismo se tiene una clasificación de la vulnerabilidad en la cual se han establecido 18 grupos, que van de la letra A a la E que indican la antigüedad de la edificación y con los símbolos (+) y (-) que indican la existencia de plantas en el subsuelo, el cual se muestra en la figura 20.

Con el enfoque cuantitativo se utilizan curvas de daños que se han desarrollado adaptando funciones de daño a la escala local del municipio en función de los grupos constructivos de Canarias y que se muestran a continuación en la figura 21.

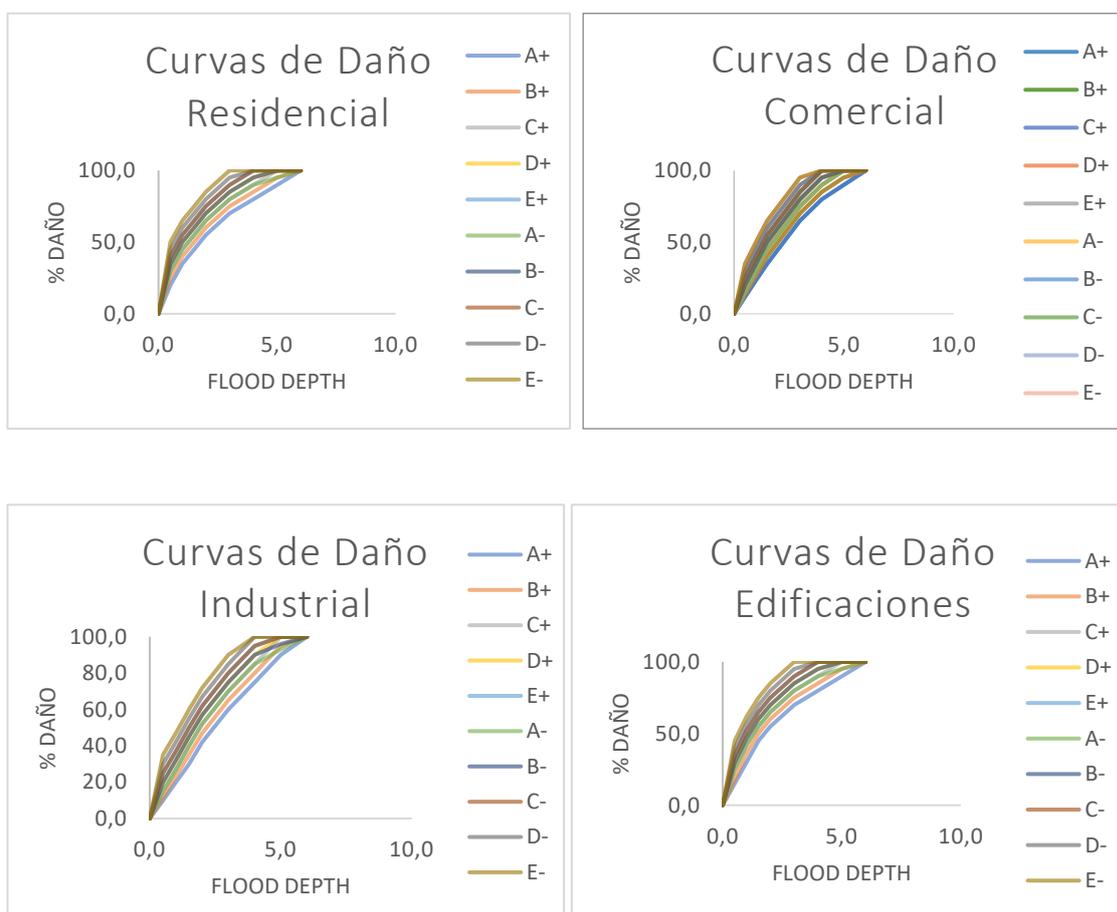


Figura 21. Curvas de Daño para Canarias. Fuente. GRAFCAN

El procedimiento realizado para determinar la vulnerabilidad es llevado a cabo en ArcGIS, en donde se unen las capas de inundación y las capas de edificaciones que contine la información de la clasificación de estas por sectores y por el grupo de vulnerabilidad, obteniendo en primer lugar mapas de vulnerabilidad que muestran esta

información y tablas que muestran la cantidad de edificios que se ven afectados de los diferentes grupos.

El segundo análisis realizado es con las curvas de daño mostradas en la figura 21, para el cual de la unión de las capas se obtiene el nivel de inundación para cada edificación y con esto se calcula el porcentaje de daño, mostrando los resultados en una tabla con el número de edificios por rangos de porcentaje de daños.

4.5 Caracterización De La Exposición.

La exposición en este estudio está formada por dos componentes, una física que se define con la elevación del terreno y que se incluye en el modelado de la inundación, y una componente económica que se caracteriza, por el valor que poseen las distintas edificaciones que se encuentran en la zona de inundación y el uso de estas. Para esta última se ha hecho uso de información brindada por GRAFCAN, en donde se han obtenido valores económicos en alta resolución de las diferentes fuentes estadísticas oficiales. Se ha seleccionado las edificaciones existentes y el uso de estas, dividiéndose en 4: uso residencial, uso industrial, uso para servicios, usos especiales. Luego se ha considerado un valor económico por metro cuadrado por cada uso de suelo tal y como se muestra en la tabla 7.

| Sector o Uso | Costo (euros/m2) |
|--|-------------------------|
| Uso Residencial | 550.00 |
| Uso Industrial | 450.00 |
| Uso para servicios (Restauración/Hostelería) | 790.00 |
| Uso Especial | 10,000.00 |

Tabla 7. Valores económicos para cada uso de suelo. Fuente. (Life Garachico , 2022)

Como se muestra en la tabla 8 en el frente marítimo de Garachico el uso de suelo en su mayoría es para edificios y viviendas, así como para el sector servicios, dos de las actividades que son más importantes en la economía del municipio.

| Sector/Usos de suelo | Numero de edificaciones |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Edificios y viviendas | 1349 |
| Fábricas y almacenamiento | 110 |
| Sector servicios | 112 |
| Otros | 271 |

Tabla 8. Numero de edificaciones por uso de suelo. Fuente. Propia



Figura 22. Mapa de exposición. Fuente. Propia

4.6 Evaluación Del Riesgo

Finalmente se realiza la estimación del riesgo para cual se integran los 3 índices antes descritos, la peligrosidad, vulnerabilidad y exposición.

El riesgo indica las potenciales consecuencias de los diferentes niveles de inundación evaluados, obteniendo todos los daños económicos calculados para los diferentes sectores expuestos, mediante las curvas de daño asociadas a cada edificación.

Para poder clasificar los resultados obtenidos para el riesgo se han seguido la escala mostrada en la tabla 8.

| Rango de Valores (Miles) | Índice | Color |
|--------------------------|----------|-------|
| 0-45 | Muy Bajo | |
| 45-90 | Bajo | |
| 90-360 | Medio | |
| 360-1440 | Alto | |
| <1440 | Muy Alto | |

Tabla 9. Escala color-numérica de riesgo. Fuente. Propia

5. RESULTADOS

5.1 Inundación

La peligrosidad se define como el TWL y es utilizada para modelar la inundación que varía dependiendo el escenario evaluado. Se han realizado un total de 40 simulaciones (5 escenarios-periodos x 8 periodos de retorno) con el método de la bañera, en donde se obtienen mapas, con la cota de inundación en cada píxel del MDT.



Figura 23. Mapa de inundación para escenario histórico, dcha. $Tr=500$; izq. $Tr= 1$ año. Fuente. Propia

En la figura 23 se muestra la inundación para el escenario histórico y el periodo de retorno 1, en el cual se observa que la inundación está concentrada en el tramo 7 y presenta y entre 0.50 y >1.00 m de cota de inundación. El área de inundación total para este periodo es de 192.5 m², con un numero de 4 edificios que se ven afectados. En comparación con el periodo de retorno de 500 años se observa cómo hay un incremento de área inundada que alcanza el valor de 39,525.3 m², al igual que la inundación es muy alta con valores mayores que 1.00 m y afectando un total de 84 edificaciones.

Para el escenario RCP4.5_2045, el área de inundación para el periodo de retorno de 1 año de 246.2 m², siendo este valor un 28% mayor que el escenario histórico afectando a 4 edificaciones de igual forma para el periodo de retorno de 500 años el área total de inundación es de 50,725.3 m² con un total de 147 edificaciones afectadas. Tal como se observa en la figura 24, la cota de inundación es muy alta con valores mayores a 1.00 m para periodo de retorno de 500 años.



Figura 24. Mapa de inundación para escenario RCP4.5_2045, dcha. $Tr=500$; izq. $Tr=1$ año. Fuente. Propia

A finales de siglo para el escenario RCP8.5 se tiene que el área de inundación para el periodo de retorno de 1 años de 303.1 m², aumentado en un 57% respecto al periodo histórico y para el periodo de retorno de 500 años, el área es de 48,834.6 m³ afectando directamente a 136 edificaciones que corresponde a un 24% más de área que el escenario histórico. Sin embargo, al comparar estos resultados con el RCP4.5_2045 muestra una disminución tanto de área como de edificaciones afectadas para todos los periodos de retorno.



Figura 25. Mapa de inundación para escenario RCP8.5_2045, dcha. $Tr=500$; izq. $Tr=1$ año. Fuente. Propia

En las áreas totales por escenario climático, se espera un aumento del valor medio de 10,985 m² del escenario histórico a valores medios de 25,307.3 m² y 25,671.55 m² en los RCP 4.5_2100 y RPC 8.5_2045 respectivamente. En el caso de los RCP

4.5_2045 y RCP 8.5_2100 la media asciende a 26,439 m2 y 27,237 m2. Tal como se muestra en la figura 26.

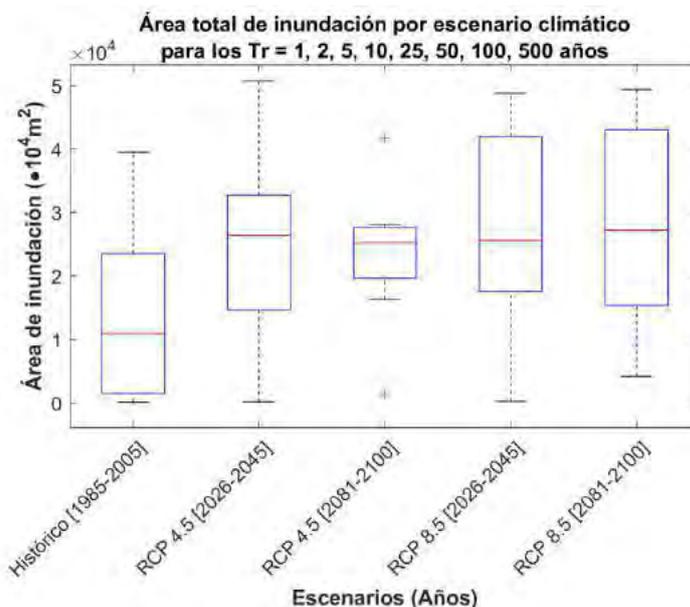


Figura 26. Área total de inundación por escenario. Fuente. Propia

Un análisis importante que se ha realizado es cuantificar las edificaciones que se ven afectadas por los valores de cota de inundación.

| Cota de Inundación(m)/Tr | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
|--------------------------|---|---|----|----|----|----|-----|-----|
| Histórico | | | | | | | | |
| 0-0,25 | 0 | 0 | 8 | 2 | 4 | 9 | 6 | 4 |
| 0,25-0,50 | 0 | 0 | 7 | 16 | 2 | 6 | 19 | 2 |
| 0,50-0,75 | 1 | 1 | 2 | 10 | 4 | 1 | 2 | 9 |
| 0,75-1,00 | 2 | 0 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 7 |
| >1,00 | 1 | 3 | 6 | 8 | 3 | 5 | 8 | 62 |
| RCP4,5_2045 | | | | | | | | |
| 0-0,25 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5 | 0 | 4 | 9 |
| 0,25-0,50 | 2 | 5 | 11 | 17 | 4 | 5 | 6 | 14 |
| 0,50-0,75 | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 3 | 7 | 2 |
| 0,75-1,00 | 0 | 0 | 6 | 8 | 14 | 2 | 8 | 10 |
| >1,00 | 0 | 3 | 69 | 78 | 13 | 33 | 52 | 112 |
| RCP4,5_2100 | | | | | | | | |
| 0-0,25 | 0 | 4 | 8 | 6 | 4 | 4 | 2 | 5 |
| 0,25-0,50 | 1 | 2 | 7 | 18 | 8 | 4 | 4 | 9 |
| 0,50-0,75 | 0 | 4 | 2 | 3 | 13 | 12 | 5 | 3 |
| 0,75-1,00 | 3 | 3 | 2 | 0 | 5 | 12 | 14 | 9 |
| >1,00 | 0 | 3 | 6 | 8 | 8 | 10 | 17 | 70 |
| RCP8,5_2045 | | | | | | | | |
| 0-0,25 | 1 | 3 | 8 | 4 | 3 | 4 | 9 | 7 |
| 0,25-0,50 | 0 | 3 | 7 | 17 | 4 | 6 | 7 | 9 |
| 0,50-0,75 | 2 | 4 | 1 | 6 | 16 | 2 | 7 | 4 |

| | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|----|----|----|----|----|-----|
| 0,75-1,00 | 1 | 2 | 2 | 0 | 8 | 12 | 3 | 16 |
| >1,00 | 0 | 3 | 6 | 8 | 8 | 69 | 79 | 100 |
| RCP8,5_2100 | | | | | | | | |
| 0-0,25 | 3 | 1 | 1 | 5 | 2 | 5 | 3 | 10 |
| 0,25-0,50 | 3 | 3 | 19 | 2 | 4 | 6 | 14 | 5 |
| 0,50-0,75 | 0 | 2 | 7 | 18 | 5 | 6 | 5 | 11 |
| 0,75-1,00 | 1 | 0 | 0 | 6 | 13 | 6 | 7 | 9 |
| >1,00 | 2 | 3 | 8 | 8 | 18 | 73 | 79 | 106 |

Tabla 10. Numero de edificaciones por cota de inundación. Fuente. Propia

En la tabla 10 se muestra un resumen de las edificaciones por cota de inundación de los 5 escenarios, en los 8 periodos de retorno que se han analizado. En la figura 27 se muestra un resumen del total de edificaciones por cada periodo de retorno observándose una tendencia creciente en todos los escenarios.

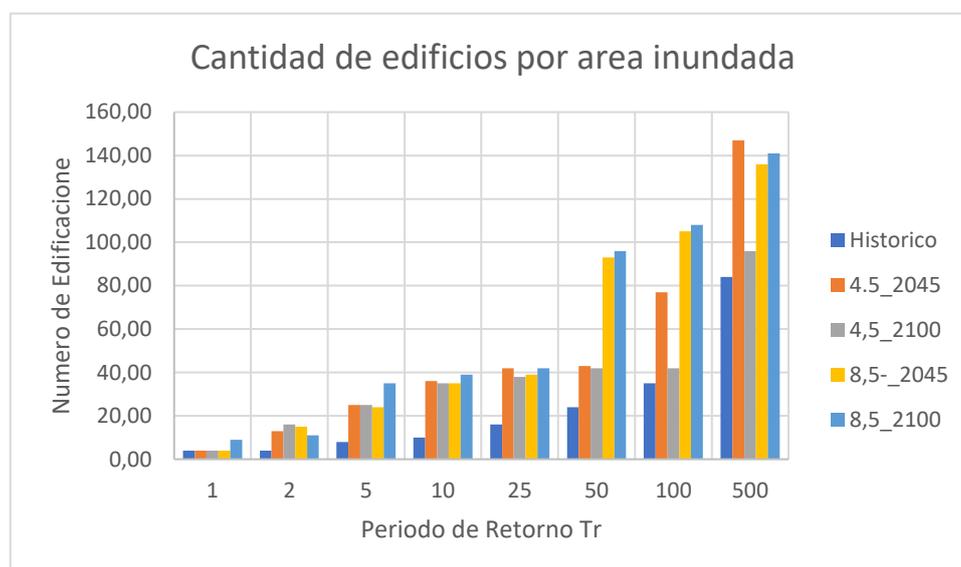


Figura 27. Grafica de cantidad de edificaciones por periodo de retorno para cada escenario. Fuente. Propia

5.2 Impacto

El impacto es el resultado de unir la inundación y la vulnerabilidad, mostrando como resultado mapas en donde se encuentran la cantidad de edificios vulnerables además de mostrar una selección con el porcentaje de daños, calculados a partir la cota de inundación y la categoría del edificio, utilizando las curvas de daño de la figura 18.



Figura 28. Mapa de % de daño para escenario histórico, dcha. $Tr=500$; izq. $Tr= 1$ año. Fuente. Propia

El escenario histórico, para el periodo de retorno de 1 año muestra como las edificaciones vulnerables una de ellas presenta un porcentaje de daño bajo, dos un porcentaje de daño medio y una edificación con daños entre 50% y 75%

Para periodo de retorno de 500 años la mayoría de las edificaciones presenta un porcentaje de daño entre 50 y 75 que representa un 57.14% de todas las edificaciones vulnerables.



Figura 29. Mapa de % de daño para escenario RCP4.5_2045, dcha. $Tr=500$; izq. $Tr= 1$ año. Fuente. Propia

El porcentaje de daño para el escenario RCP4.5_2045 en el periodo de retorno de 500 años, da como resultado un total de 66 edificaciones con más de 75% de daño. Esas edificaciones representan un 44.9% del total. Tal como se observa en la figura 29.



Figura 30. Mapa de % de daño para escenario RCP8.5_2100, dcha.Tr=500; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia

En la figura 30 se muestra los mapas para los periodos de retorno de 1 año y de 500 años para el escenario RCP8.5_2100, en donde claramente se observa cómo hay un porcentaje de daño mayor que 75, en la mayoría de las edificaciones.

| Categorías/Tr | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
|--------------------|---|---|----|----|----|----|-----|-----|
| Histórico | | | | | | | | |
| B+ | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| C+ | 2 | 3 | 6 | 7 | 7 | 10 | 16 | 28 |
| D+ | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 5 | 9 | 31 |
| E+ | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 6 | 21 |
| B- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| RCP4,5_2045 | | | | | | | | |
| B+ | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 14 |
| C+ | 3 | 7 | 11 | 16 | 17 | 17 | 27 | 44 |
| D+ | 0 | 2 | 5 | 10 | 11 | 12 | 29 | 53 |
| E+ | 0 | 2 | 5 | 6 | 10 | 10 | 17 | 31 |
| B- | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| D- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| RCP4,5_2100 | | | | | | | | |
| B+ | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| C+ | 3 | 7 | 11 | 16 | 16 | 17 | 17 | 33 |
| D+ | 0 | 4 | 5 | 9 | 11 | 11 | 11 | 35 |
| E+ | 0 | 3 | 5 | 6 | 7 | 10 | 10 | 22 |
| B- | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| RCP8,5_2045 | | | | | | | | |
| B+ | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 12 |
| C+ | 3 | 7 | 10 | 16 | 17 | 33 | 37 | 45 |
| D+ | 0 | 3 | 5 | 9 | 11 | 34 | 35 | 47 |
| E+ | 0 | 3 | 5 | 6 | 7 | 22 | 22 | 30 |
| B- | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| D- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| RCP8,5_2100 | | | | | | | | |
|-------------|---|---|----|----|----|----|----|----|
| B+ | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 | 10 | 12 |
| C+ | 6 | 7 | 16 | 17 | 17 | 33 | 37 | 45 |
| D+ | 1 | 1 | 9 | 11 | 11 | 35 | 36 | 50 |
| E+ | 1 | 1 | 6 | 7 | 10 | 22 | 24 | 31 |
| B- | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| D- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Tabla 11. Resumen de numero de edificaciones por categorías para cada escenario. Fuente. Propia.

En la tabla 11 se muestra un resumen de la cantidad de edificaciones que existen por cada categoría, en los distintos escenarios.

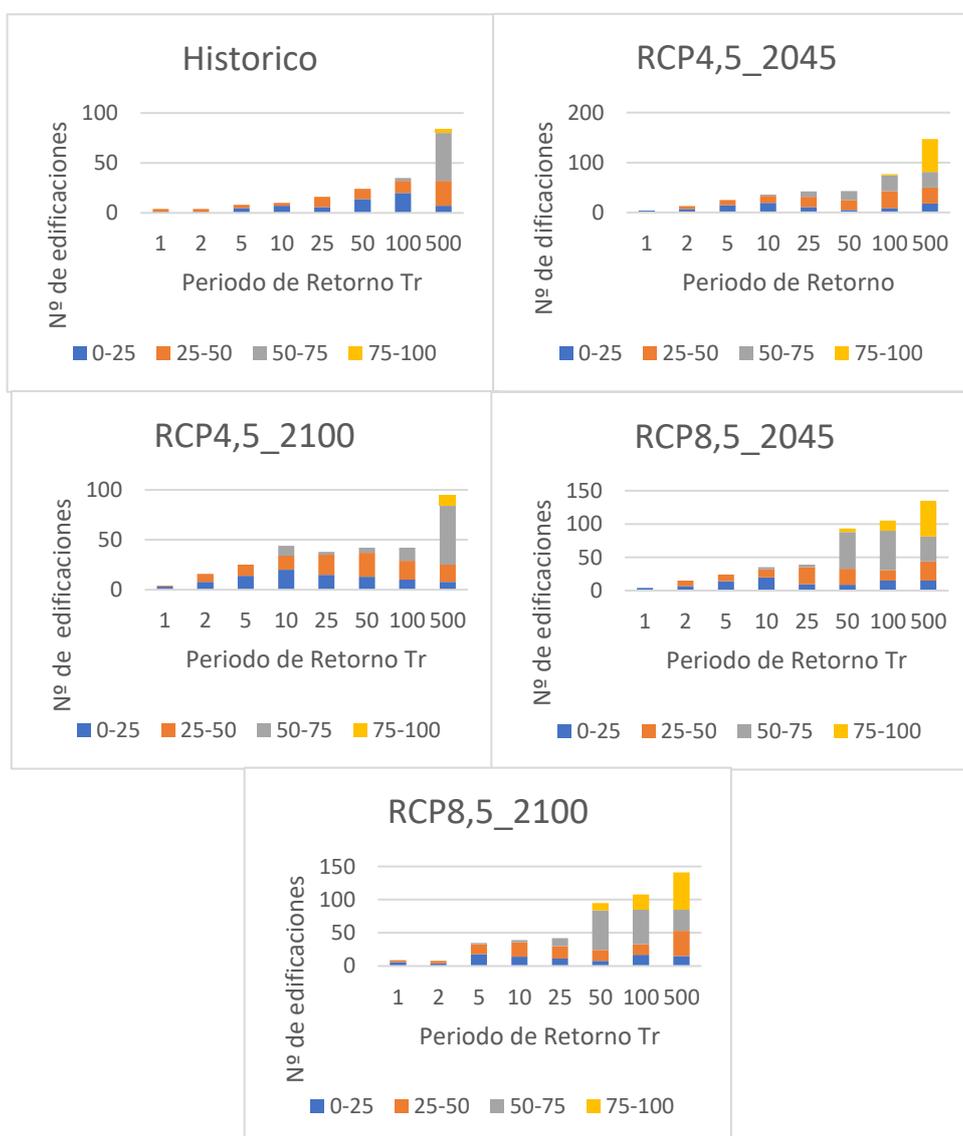


Figura 31. Variación del porcentaje de daño, por escenario. Fuente Propia

En la figura 31 se muestra como hay una variación del porcentaje de daño en los escenarios. Al comparar los porcentajes de daño se ve como en el escenario histórico predominan las edificaciones que presentan un % de daño entre 50 y 75 y así mismo para el escenario RCP4.5_2100. En cambio, para los escenarios RCP8.5_2045, RCP8.5_2100 y RCP4.5_2045 presentan mayores edificaciones con % de daño entre 75 y 100.

5.3 Valoración del riesgo

Al combinar las tres componentes del riesgo, la peligrosidad, la vulnerabilidad y la exposición, se obtiene el riesgo asociado a la cota de inundación evaluada para cada periodo de retorno de los escenarios estudiados. En total se han realizado 40 simulaciones del riesgo sobre edificaciones en el frente marítimo de Garachico.



Figura 32. Mapa de riesgo para escenario histórico, dcha. $Tr=500$ años; izq. $Tr= 1$ año. Fuente. Propia.

En la figura 32 se observa el resultado obtenido para el riesgo en el escenario histórico, para dos periodos de retorno de los evaluados. Se observa cómo el periodo de retorno de 1 año el riesgo es alto en dos de las edificaciones vulnerables, y el resto tiene un riesgo bajo y muy bajo. En el periodo de retorno de 500 años el riesgo es alto para un 25% de las edificaciones, medio para el 29.76%, bajo para el 30.95% y solo un 13.09% presenta un riesgo muy alto.

El riesgo para el escenario RCP4.5_2045 y para el periodo de retorno 1 año representa un índice muy bajo para las 4 edificaciones vulnerables. El periodo de retorno 500 años presenta un 34% de edificaciones con riesgo bajo, el 28.57% un riesgo medio, 25.17% riesgo alto y el 12.22% un riesgo muy alto.



Figura 33. Mapa de riesgo para escenario RCP4.5_2045, dcha.=500 años; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia.

Analizando el escenario RCP8.5_2045, se observa como adicionalmente de un aumento de la cantidad de edificaciones, existe también una variación en cuanto al riesgo. Para el periodo de retorno de 1 año se mantiene el mismo riesgo que los escenarios anteriores: un riesgo bajo y medio para las edificaciones vulnerables. Y para el periodo de retorno de 500 años el riesgo aumenta para las edificaciones teniendo 26.7 % con riesgo alto, y un 12.59% con riesgo muy alto, como se observa en la figura 33.



Figura 34. Mapa de riesgo para escenario RCP8.5_2045, dcha.=500 años; izq. Tr= 1 año. Fuente. Propia.

También se han obtenido los valores económicos de las pérdidas obtenidas para cada periodo de retorno por escenario. El RCP4.5_2100 en todos los periodos de retorno presenta un aumento respecto al histórico, pero tiene los valores menores respecto a todas las proyecciones evaluadas. Al igual que se nota como el escenario RCP4.5_2045 es el que presenta mayor riesgo y por lo tanto la evaluación económica es la mayor de todas. Estos datos se pueden observar en la figura 35.

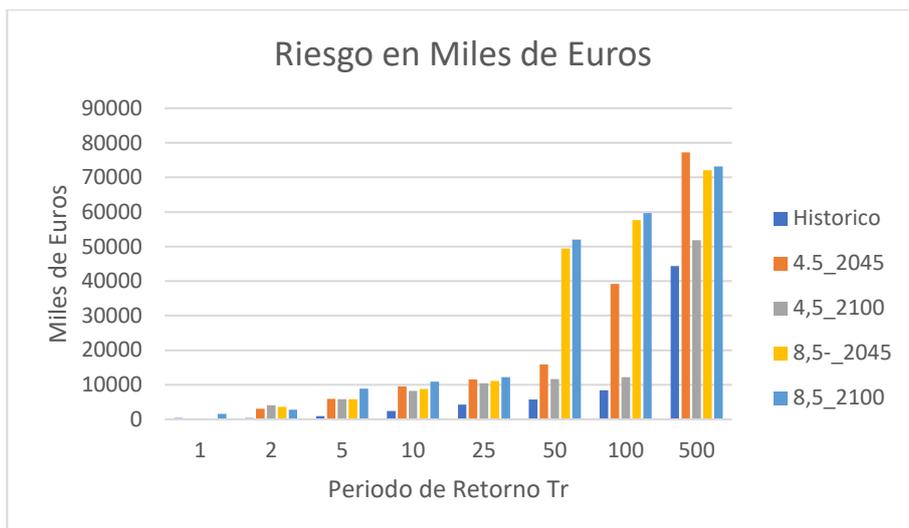


Figura 35. Grafica de riesgo en miles de euros. Fuente. Propia.

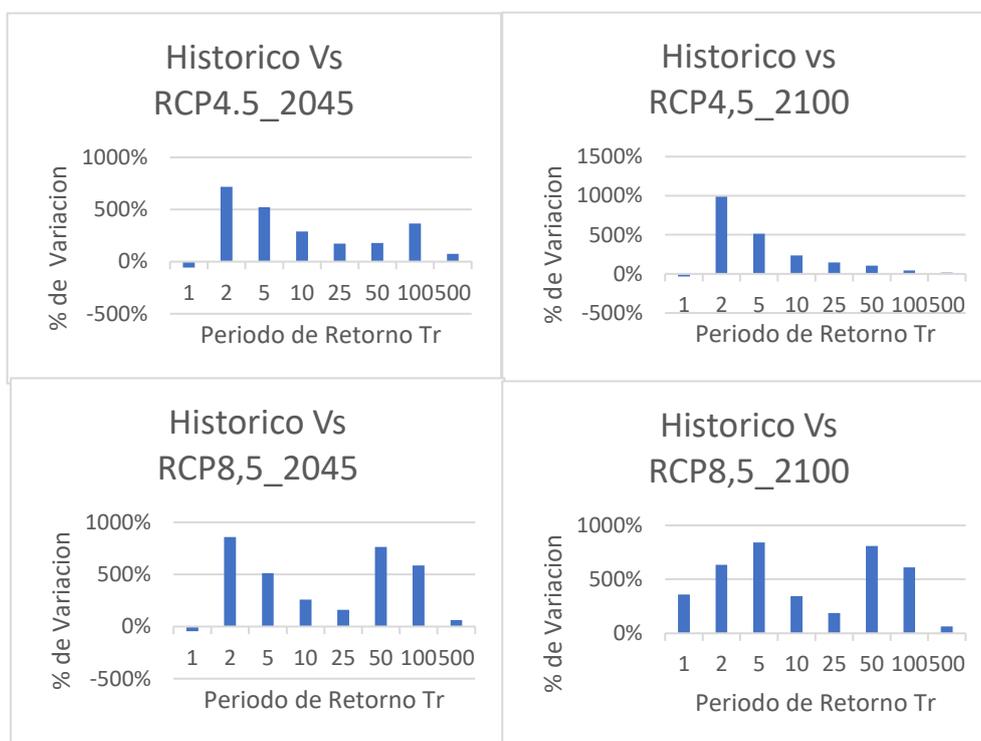


Figura 36. Variaciones de las proyecciones frente al escenario histórico. Fuente. Propia

Al hacer una comparación de las variaciones del riesgo del escenario histórico con el RCP4.5_2045 se observa como el riesgo para el periodo de retorno de 1 año disminuye en un 55%, pero a medida que aumentan los periodos de retorno el riesgo también aumenta en más del 100%. Para el RCP4.5_2100, RCP8.5_2045 y RCP8.5_2100 el riesgo respecto al escenario histórico sigue una tendencia de aumento en todos los periodos de retorno.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se analiza el incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico. Se hace uso de la metodología planteada por el IPCC, en donde se realiza la caracterización de la peligrosidad en zonas costeras tal es el caso de la zona de estudio esta se basa en el cálculo del nivel del mar o TWL (Total wáter level), generado en la línea de costa y para el cual se hizo uso de bases de datos de oleaje, con información de oleaje y para las proyecciones evaluadas el aumento del nivel medio del mar y cambios en la dinámica marina debido al cambio climático. Este análisis muestra como para el escenario RCP4.5 a finales de siglo se obtienen el menor TWL, así como muestra que el tramo 9 es el que presenta niveles de TWL mayores de todos los tramos analizados.

La siguiente variable que se considera para el riesgo es la vulnerabilidad, para este estudio se cuenta con curvas de daños en función de los grupos de vulnerabilidad establecidos. Adicionalmente se estableció la variable de la exposición económica de las edificaciones por el valor económico de acuerdo con el uso de suelo, y la exposición física con las cotas del terreno.

Para conocer la inundación se ha utilizado el método de la bañera (Bathtub), el cual se realizó en ArcGIS. Antes de aplicación se realizó una comparación entre el método simple y un método mejorado que incluye la pendiente y rugosidad del terreno, para el cual se obtuvieron resultados más adecuados, concluyendo que el método mejorado se aplicaría en este estudio. Para este método los datos iniciales fueron un MDT (Modelo Digital del terreno) de alta resolución y los valores de TWL obtenidos de la caracterización de la peligrosidad.

Los resultados de la inundación muestran como para el escenario histórico, el área de inundación para el periodo de retorno de 1 año se concentra en el tramo 7 de la zona de estudio y este mismo comportamiento se observa para el resto de escenarios en este mismo periodo de retorno, sin embargo a partir del periodo de retorno de 5 años esta área se ve incrementada en más del 100% afectando todo el frente marítimo y continuando con un comportamiento creciente hasta el periodo de retorno de 500 años en todos los escenarios.

El impacto es evaluado con la cota de inundación y las edificaciones con su vulnerabilidad. Al hacer una comparación entre el escenario histórico y todas las proyecciones analizadas el número de edificaciones que se ven afectadas aumenta.

El RCP4.5_2045 es uno de los escenarios que más edificaciones afectadas tiene con un total de 147, para el periodo de retorno de 500 años. Evaluando el porcentaje de daño y asociando la exposición económica por el uso del suelo para cada edificación se obtiene la valoración del riesgo, en miles de euros para cada escenario y sus diferentes periodos de retorno, observando como con respecto al escenario histórico en todas las proyecciones existe un aumento de más del 100% del valor asociado a la pérdida económicas.

El RCP4.5_2100 es el escenario con menos valores de riesgo en comparación con el RCP4.5_2045, RCP8.5_2045 y RCP8.5_2100. Por cambio climático el riesgo se puede llegar a incrementar hasta por 6 veces el valor del riesgo asociado con el escenario histórico.

Los resultados obtenidos se han comparado con mapas y gráficos que se tiene para el municipio de Garachico, como son los **“Mapas Peligrosidad y Riesgo de Inundación de las ARPSIs Fluviales en la Demarcación Hidrográfica de Tenerife”** en donde se muestran mapas de inundación y de riesgo y los datos son parecidos a los obtenidos en el análisis de este estudio. Ver figura 37.



Figura 37. Mapa de inundación para un periodo de retorno de 500 años en el municipio de Garachico. Fuente. Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

Sin embargo, se han tomado en cuenta hipótesis que pueden alterar los resultados obtenidos, como es el caso del valor del nivel de mar a evaluar, se ha considerado utilizar el TWL máximo obtenido en los tramos de estudio, tomando este valor para generar la inundación en todo el frente marítimo. Otro de las hipótesis es con el modelo de inundación el cual no incluye procesos físicos más complejos como el efecto del viento, y el ascenso y descenso del oleaje. Así como no tiene en cuenta la infraestructura de drenaje existente en la zona y la permeabilidad del suelo, que pueden afectar los niveles de agua del resultado.

Por lo que se recomienda realizar un análisis con un modelo de inundación que incluya todos los procesos físicos y obtener así información necesaria para la elaboración de medidas de prevención y gestión de la inundación en la zona.

En este análisis preliminar de la inundación, se puede concluir que la zona del frente marítimo de Garachico tiene un alto riesgo en la actualidad a los efectos de las inundaciones costeras, que se verá incrementado por los efectos del cambio climático y el aumento del nivel medio del mar, por ello se recomienda trabajar en la implementación de medidas como las siguientes:

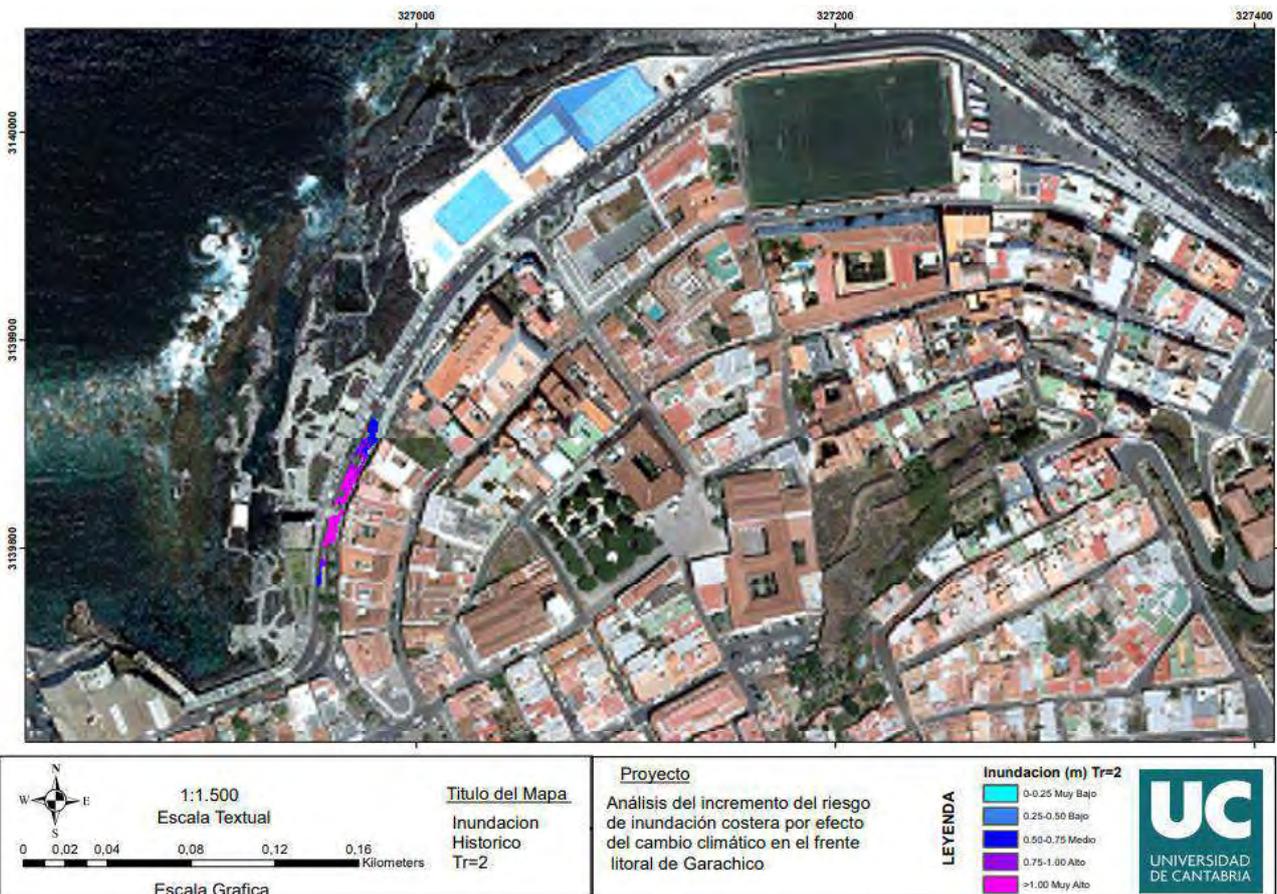
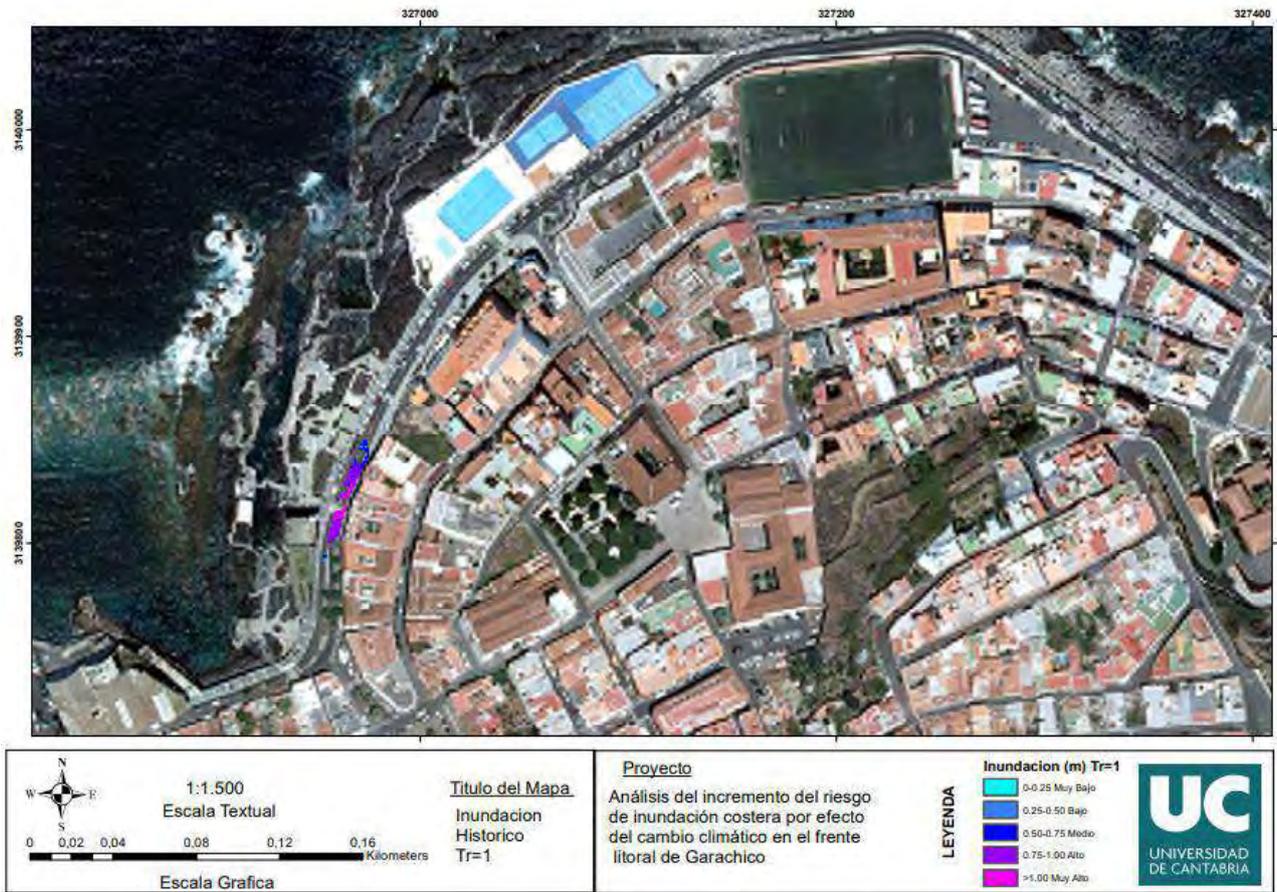
- Integración de proyectos educativos, que se basen en la formación y capacitación técnica de la población en temas de inundación.
- Analizar nuevos escenarios con el fin de elaborar mapas de peligrosidad y riesgo, que puedan ser utilizados por las autoridades locales en la implementación de planes de gestión.
- Adaptación de la infraestructura de protección existente en los tramos con mayor riesgo de inundación costera como, por ejemplo, bancos antiimpactos, canales de drenaje, sistemas de alerta temprana, retirada de elementos expuestos susceptibles a ser llevados por el oleaje, delimitación de zonas de alto riesgo, y refuerzo de mobiliario urbano entre otras.

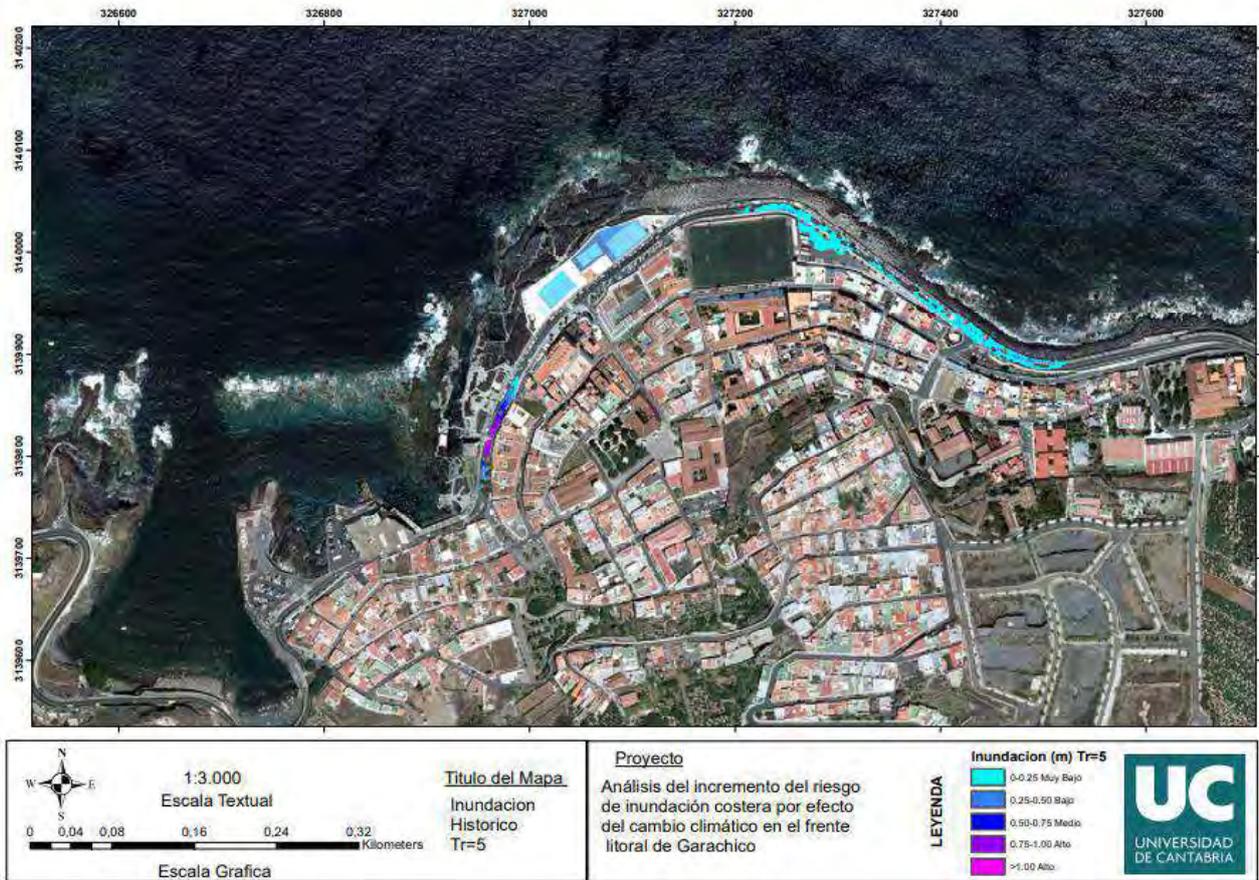
7. REFERENCIAS

- EuroTop, & Van der Meer, J. A. (2018). *Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping.* , www.overtopping-manual.com.
- FEMA. (2007). *Guidelines and specifications for flood Hazard mapping partners. United States of America.* Obtenido de <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/13948>.
- IH Cantabria . (s.f.). *Tarea 2: Proyecciones de alta resolución de variables marinas en la costa española. Contrato de servicios para la elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa española. Technical .*
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. PartA: Globaland Sectoral Aspects edCB Field etal (Cambridge, NewYork: Cambridge University Press).*
- IPCC. (2019). *Annex I: Glossary [Weyer, N.M. (ed.)]. In: IPCC Special report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem. In Press.* Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/srocc>
- Lara , J., Tomas , A., Diaz-Hernandez, G., Alvares de Eulate, M., Lucio , D., Poveda, J., & Rosales , J. (2019). Anlisis forence y desarrollo de un sistema operacional de inundacion en el frente maritimo de Garachico (Tenerife). *XV Jornadas Españolas de Ingenieria de Costas y Puerto .*
- Lemos, G. (2019). Mid-twenty-first century global wave climate projections: Results from a dynamic CMIP5 based ensemble. *Glob. Planet. Change* 172, 69–87 (2019).
- Life Garachico .* (2022). Obtenido de Life Garachico : <https://lifegarachico.eu/por-que/contexto>
- Lyn Williams , L., & Lück-Vogel, M. (2020). Comparative assessment of the GIS based bathtub model and an enhanced bathutub model for coastal inundation. . *Journal fo Coastal Conservation.*

Narciso Ramos Comunicacion, SLU. (09 de Noviembre de 2018). Se desarrolla un sistema predictivo para el oleaje de Garachico . *La voz de Tenerife Norte* .

Anexo
Mapas de Inundación
Escenario Histórico







| | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|---|--|
| | 1:3.000 | Titulo del Mapa Inundacion Historico Tr=25 | Proyecto Analisis del incremento del riesgo de inundacion costera por efecto del cambio climatico en el frente litoral de Garachico | LEYENDA Inundacion (m) Tr=25 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |



| | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|---|--|
| | 1:3.000 | Titulo del Mapa Inundacion Historico Tr=50 | Proyecto Analisis del incremento del riesgo de inundacion costera por efecto del cambio climatico en el frente litoral de Garachico | LEYENDA Inundacion (m) Tr=50 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |



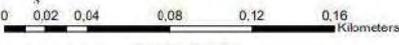
| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p>Título del Mapa Inundacion Historico Tr=100</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Inundacion (m) Tr=100</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 Medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
| | | | | |



| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p>Título del Mapa Inundacion Historico Tr=500</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Inundacion (m) Tr=500</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 Medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
| | | | | |

Escenario 4.5_2045




 1:1.500
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 Inundación
 RCP4.5_2045
 Tr=1

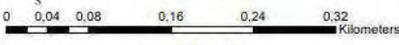
Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA

| Inundacion (m) Tr=1 | |
|---|-----------------|
|  | 0-0.25 Muy Bajo |
|  | 0.25-0.50 Bajo |
|  | 0.50-0.75 Medio |
|  | 0.75-1.00 Alto |
|  | >1.00 Muy Alto |






 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

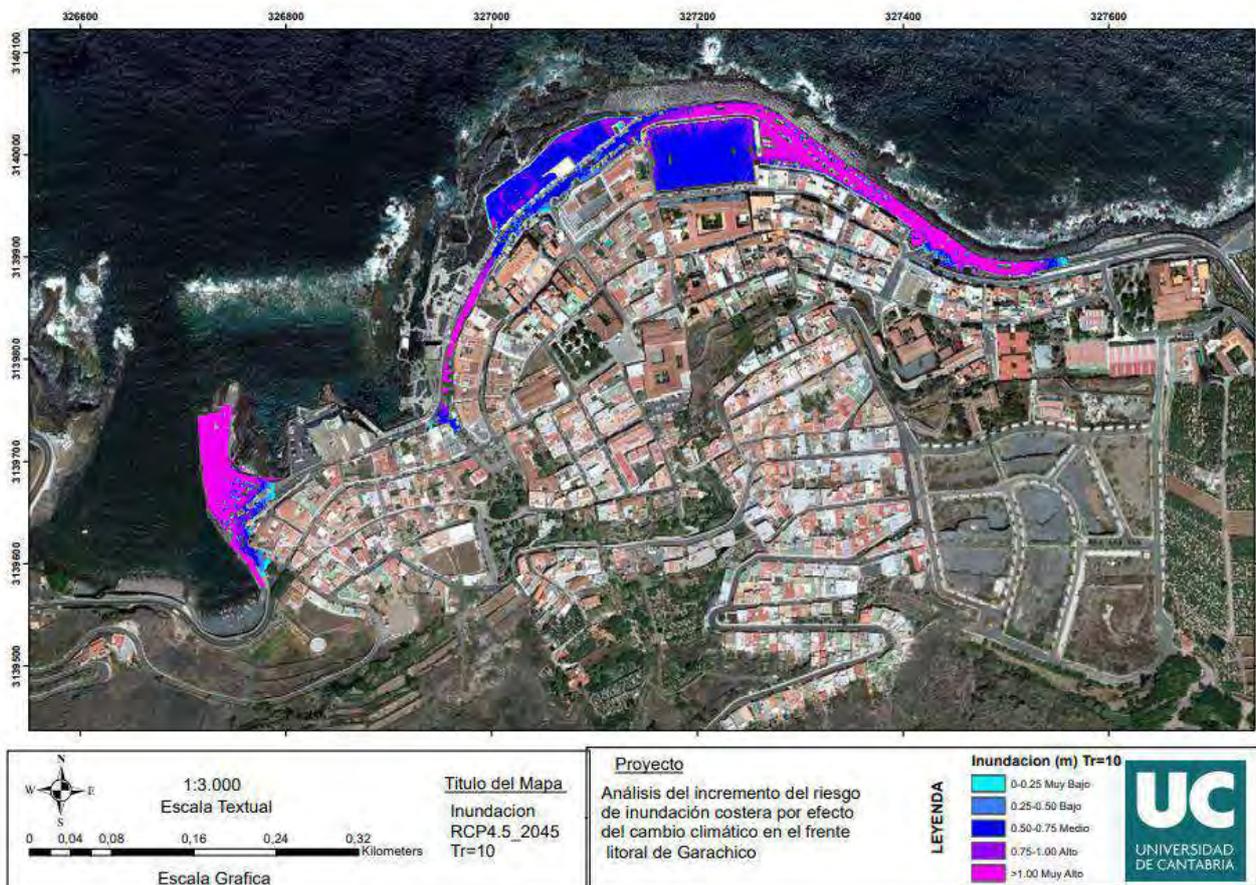
Título del Mapa
 Inundación
 RCP4.5_2045
 Tr=2

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA

| Inundacion (m) Tr=2 | |
|---|-----------------|
|  | 0-0.25 Muy Bajo |
|  | 0.25-0.50 Bajo |
|  | 0.50-0.75 Medio |
|  | 0.75-1.00 Alto |
|  | >1.00 Muy Alto |







| | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|---|--|
| | 1:3.000 | <u>Titulo del Mapa</u> Inundacion RCP4.5_2045 Tr=25 | <u>Proyecto</u> Analisis del incremento del riesgo de inundacion costera por efecto del cambio climatico en el frente litoral de Garachico | Inundacion (m) Tr=25 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |



| | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|---|--|
| | 1:3.000 | <u>Titulo del Mapa</u> Inundacion RCP4.5_2045 Tr=50 | <u>Proyecto</u> Analisis del incremento del riesgo de inundacion costera por efecto del cambio climatico en el frente litoral de Garachico | Inundacion (m) Tr=50 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Muy alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |



| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Inundacion RCP4.5_2045 Tr=100</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>Inundacion (m) Tr=100</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 Medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
| | | | <p>LEYENDA</p> | |



| | | | | |
|--|---|---|--|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Inundacion RCP4.5_2045 Tr=500</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>Inundacion (m) Tr=500</p> <p><VALUE></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 Medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
| | | | <p>LEYENDA</p> | |

Escenario 4.5_2100




 1:3.000
 Escala Textual
 0 0,04 0,08 0,16 0,24 0,32 Kilometers
 Escala Grafica

Titulo del Mapa
 Inundacion
 RCP4.5_2100
 Tr=1

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

Inundacion (m)Tr=1
 0-0.25 Muy Bajo
 0.25-0.50 Bajo
 0.50-0.75 Medio
 0.75-1.00 Alto
 >1.00 Muy Alto

LEYENDA





 1:3.000
 Escala Textual
 0 0,04 0,08 0,16 0,24 0,32 Kilometers
 Escala Grafica

Titulo del Mapa
 Inundacion
 RCP4.5_2100
 Tr=2

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

Inundacion (m)Tr=2
 0-0.25 Muy Bajo
 0.25-0.50 Bajo
 0.50-0.75 Medio
 0.75-1.00 Alto
 >1.00 Muy Alto

LEYENDA

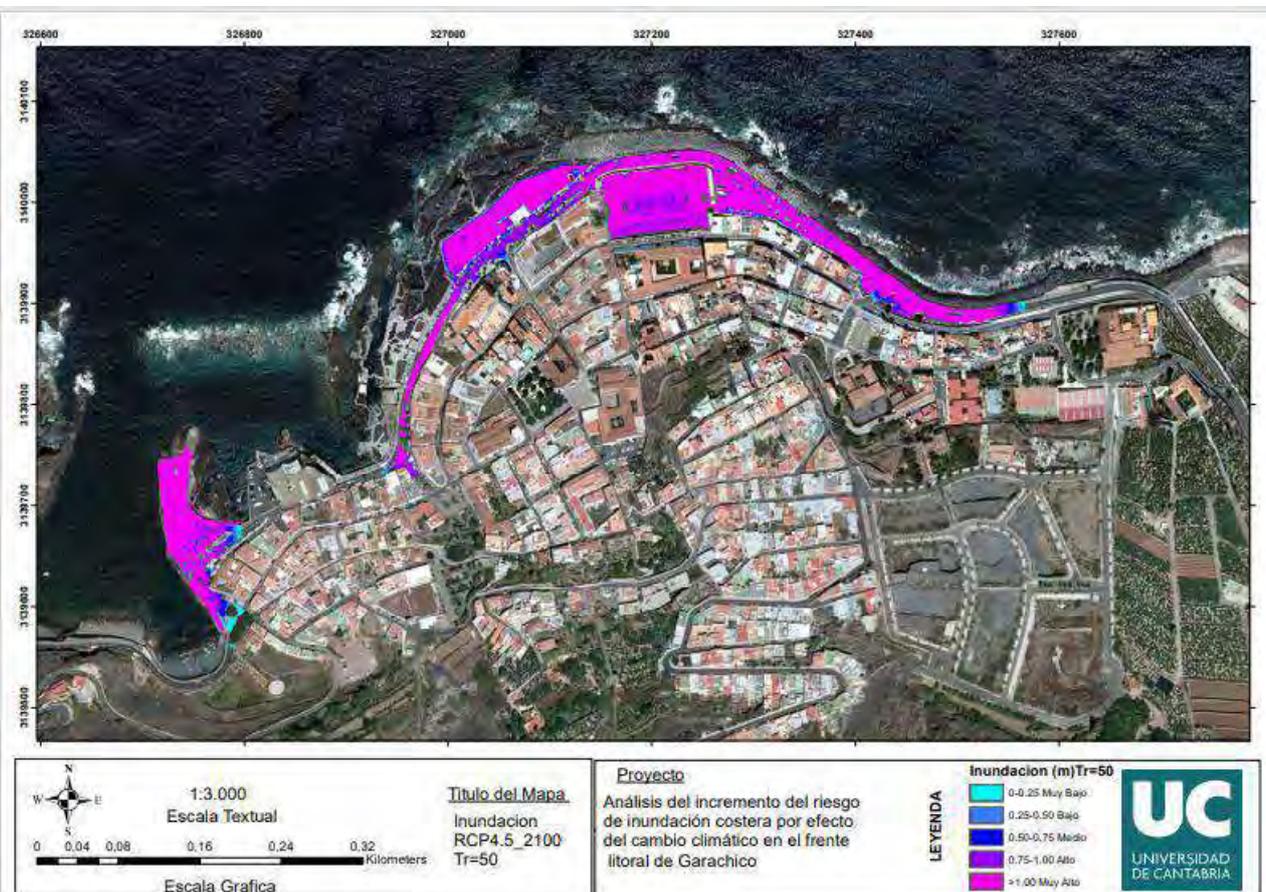
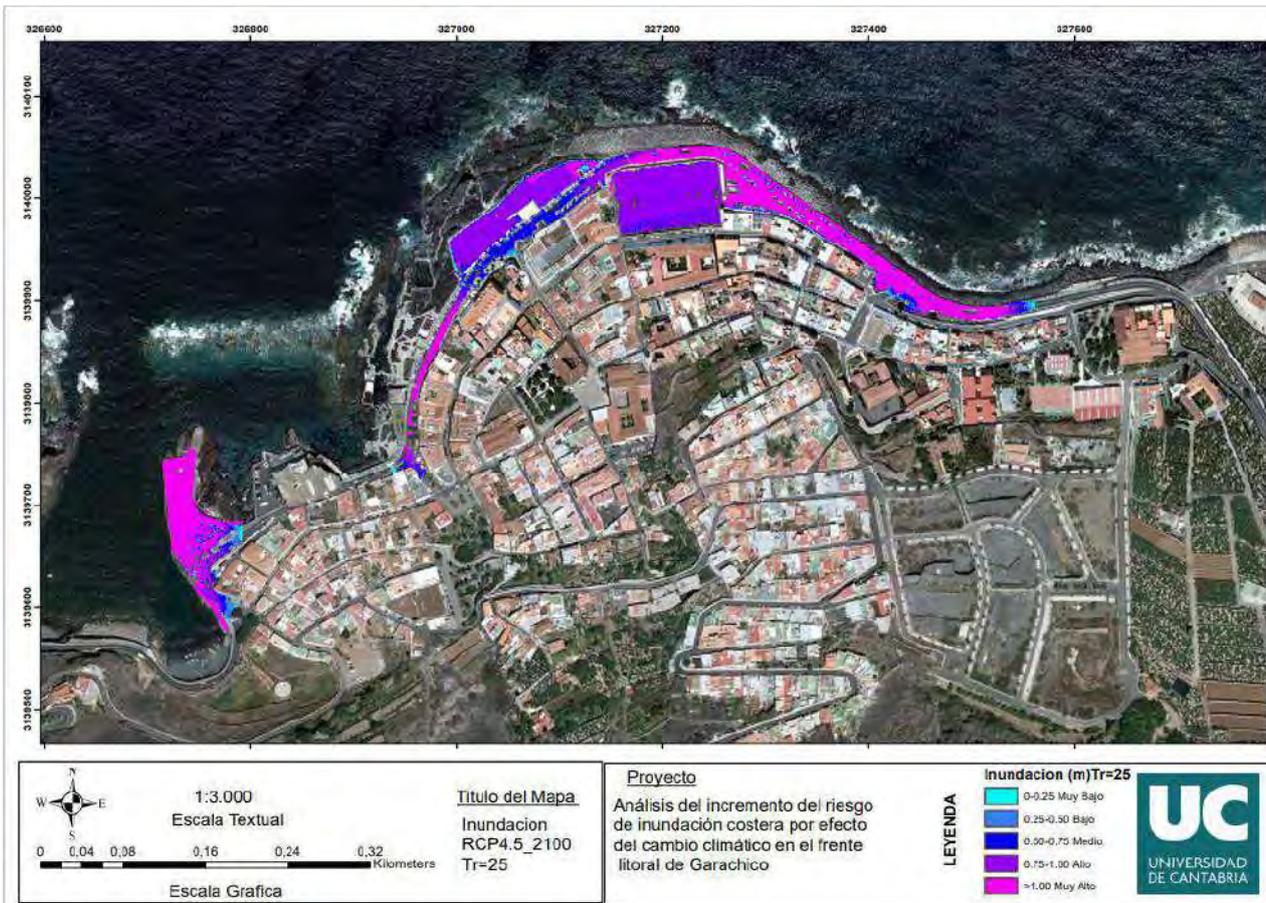




| | | | | |
|--|---|---|--|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Inundacion RCP4.5_2100 Tr=5</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>Inundacion (m)Tr=5</p> <p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 Medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
|--|---|---|--|--|



| | | | | |
|--|--|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Inundacion RCP4.5_2100 Tr=10</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>Inundacion (m)Tr=10</p> <p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 Medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
|--|--|---|---|--|





| | | | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|---|---|--|
| | 1:3.000 | <u>Titulo del Mapa</u> | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | LEYENDA Inundación (m)Tr=100 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | Inundación RCP4.5_2100 Tr=100 | | | |



| | | | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|---|---|--|
| | 1:3.000 | <u>Titulo del Mapa</u> | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | LEYENDA Inundación (m)Tr=500 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | Inundación RCP4.5_2100 Tr=500 | | | |

Escenario 8.5_2045



1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 Inundación
 RCP8.5_2045
 Tr=1

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA

| Inundación (m) Tr=1 | |
|---------------------|-------------------|
| | 0-0.25 Muy Bajo |
| | 0.25-0.50 Bajo |
| | 0.50 - 0.75 Medio |
| | 0.75-1.00 Alto |
| | >1.00 Muy Alto |



1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 Inundación
 RCP8.5_2045
 Tr=2

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA

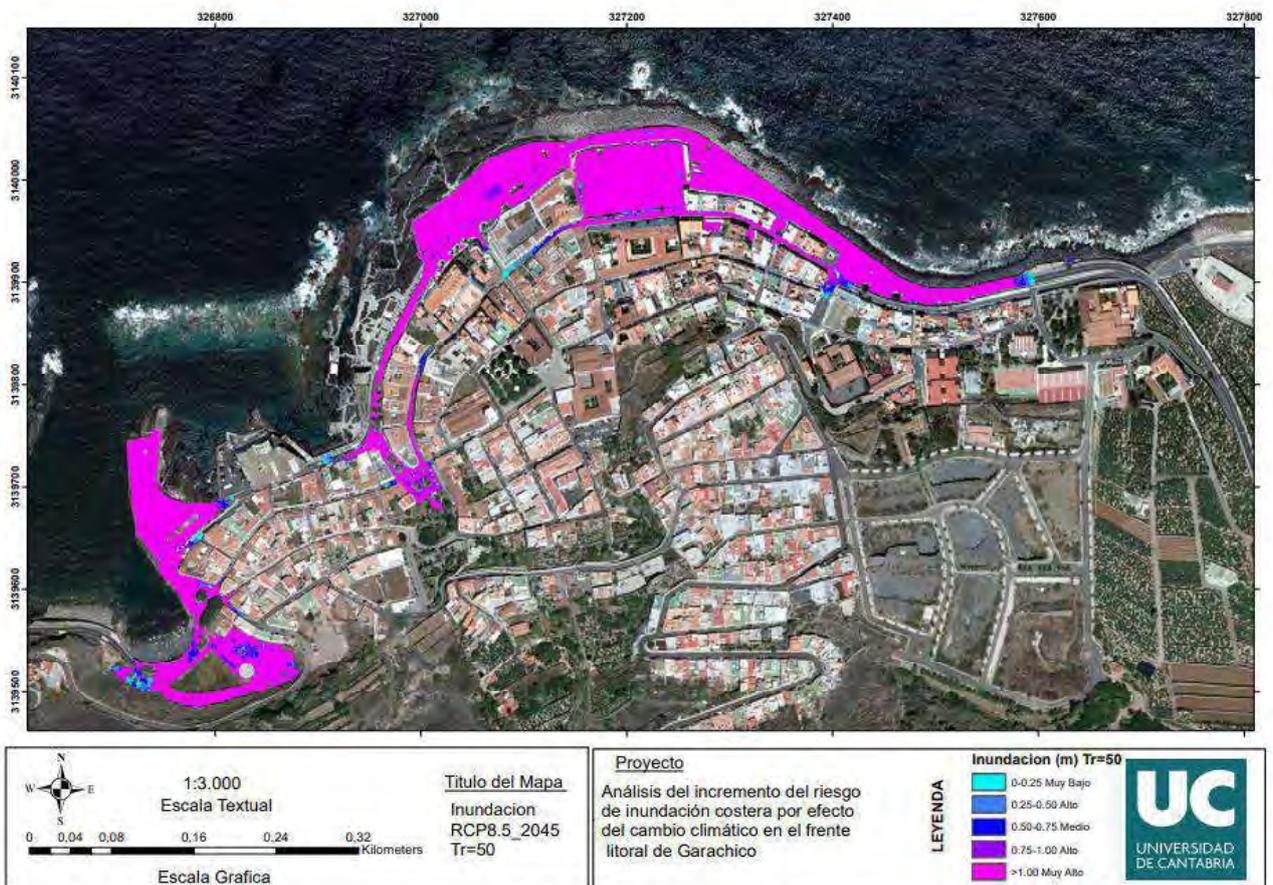
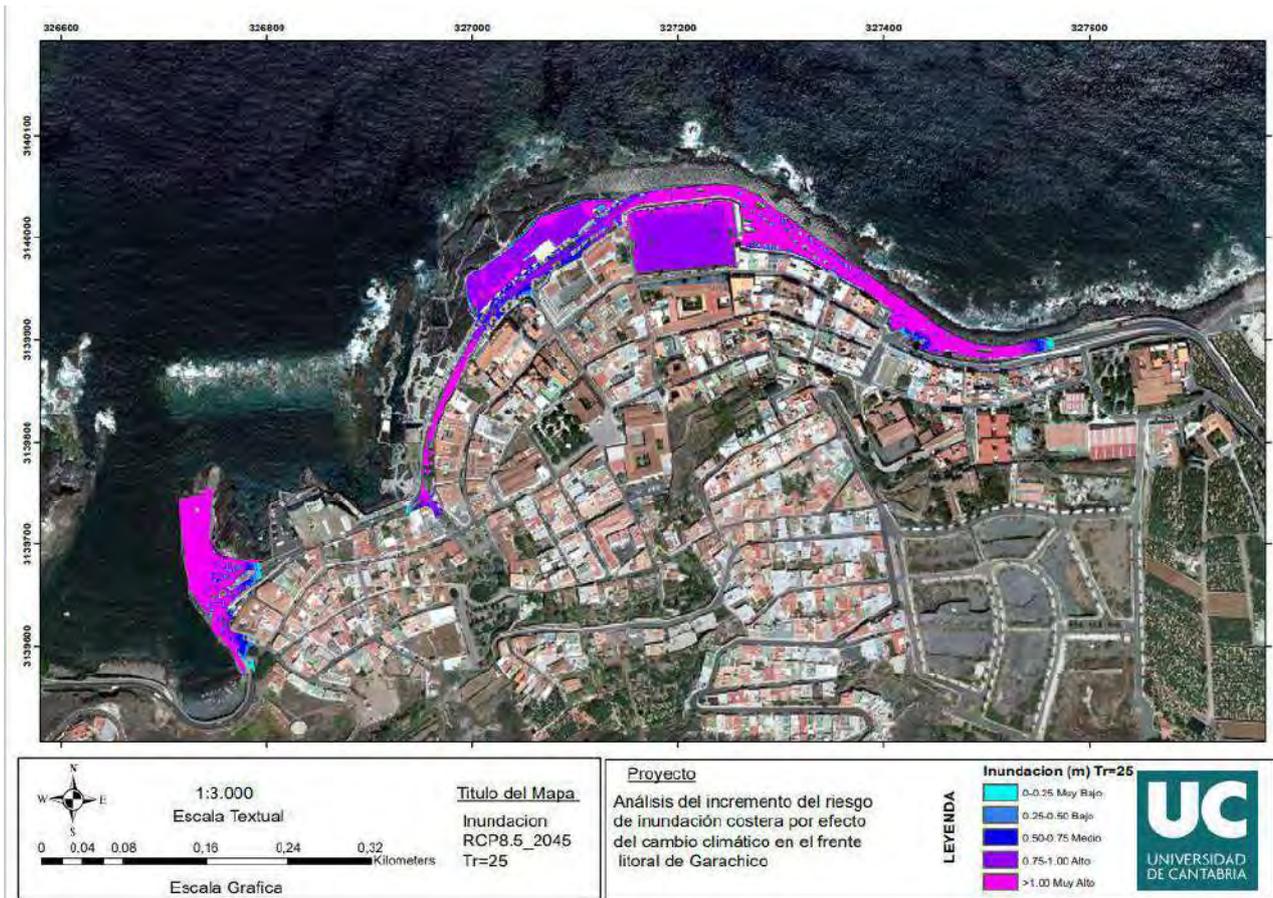
| Inundación (m) Tr=2 | |
|---------------------|-----------------|
| | 0-0.25 Muy Bajo |
| | 0.25-0.50 Bajo |
| | 0.50-0.75 Medio |
| | 0.75-1.00 Alto |
| | >1.00 Muy Alto |



| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Título del Mapa</u> Inundación RCP8.5_2045 Tr=5</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>Inundación (m) Tr=5</p> <p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
| | | | | |



| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Título del Mapa</u> Inundación RCP8.5_2045 Tr=10</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>Inundación (m) Tr=10</p> <p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 Medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
| | | | | |





| | | | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------------|---|--|--|
| | 1:3.000 | <u>Titulo del Mapa</u> | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | Inundacion (m) Tr=100 LEYENDA 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | Inundacion RCP8.5_2045 Tr=100 | | | |



| | | | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------------|---|--|--|
| | 1:3.000 | <u>Titulo del Mapa</u> | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | Inundacion (m) Tr=500 LEYENDA 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | Inundacion RCP8.5_2045 Tr=500 | | | |

Escenario 8.5_2100



Escala Textual: 1:3.000

 Escala Grafica: 0 0,04 0,08 0,16 0,24 0,32 Kilometers

Título del Mapa
 Inundacion RCP8.5_2100 Tr=1

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

Inundacion (m) Tr=1

LEYENDA

- 0-0.25 Muy Bajo
- 0.25-0.50 Bajo
- 0.50-0.75 Medio
- 0.75-1.00 Alto
- >1.00 Muy Alto



Escala Textual: 1:3.000

 Escala Grafica: 0 0,04 0,08 0,16 0,24 0,32 Kilometers

Título del Mapa
 Inundacion RCP8.5_2100 Tr=2

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

Inundacion (m) Tr=2

LEYENDA

- 0-0.25 Muy Bajo
- 0.25-0.50 Bajo
- 0.50-0.75 Medio
- 0.75-1.00 Alto
- >1.00 Muy Alto



| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0,04 0,08 0,16 0,24 0,32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p>Título del Mapa Inundacion RCP8.5_2100 Tr=5</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>Inundacion (m) Tr=5</p> <p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 Medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
| | | | | |



| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0,04 0,08 0,16 0,24 0,32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p>Título del Mapa Inundacion RCP8.5_2100 Tr=10</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>Inundacion (m) Tr=10</p> <p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-0.25 Muy Bajo ■ 0.25-0.50 Bajo ■ 0.50-0.75 Medio ■ 0.75-1.00 Alto ■ >1.00 Muy Alto | |
| | | | | |



| | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|---|--|
| | 1:3.000 | Título del Mapa Inundación RCP8.5_2100 Tr=25 | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | Inundación (m) Tr=25 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |



| | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--|---|--|
| | 1:3.000 | Título del Mapa Inundación RCP8.5_2100 Tr=50 | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | Inundación (m) Tr=50 0-0.25 Muy Bajo 0.25-0.50 Bajo 0.50-0.75 Medio 0.75-1.00 Alto >1.00 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |



1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Titulo del Mapa
 Inundacion
 RCP8.5_2100
 Tr=100

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

Inundacion (m) Tr=100
LEYENDA

- 0-0.25 Muy Bajo
- 0.25-0.50 Bajo
- 0.50-0.75 Medio
- 0.75-1.00 Alto
- >1.00 Muy Alto



1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Titulo del Mapa
 Inundacion
 RCP8.5_2100
 Tr=500

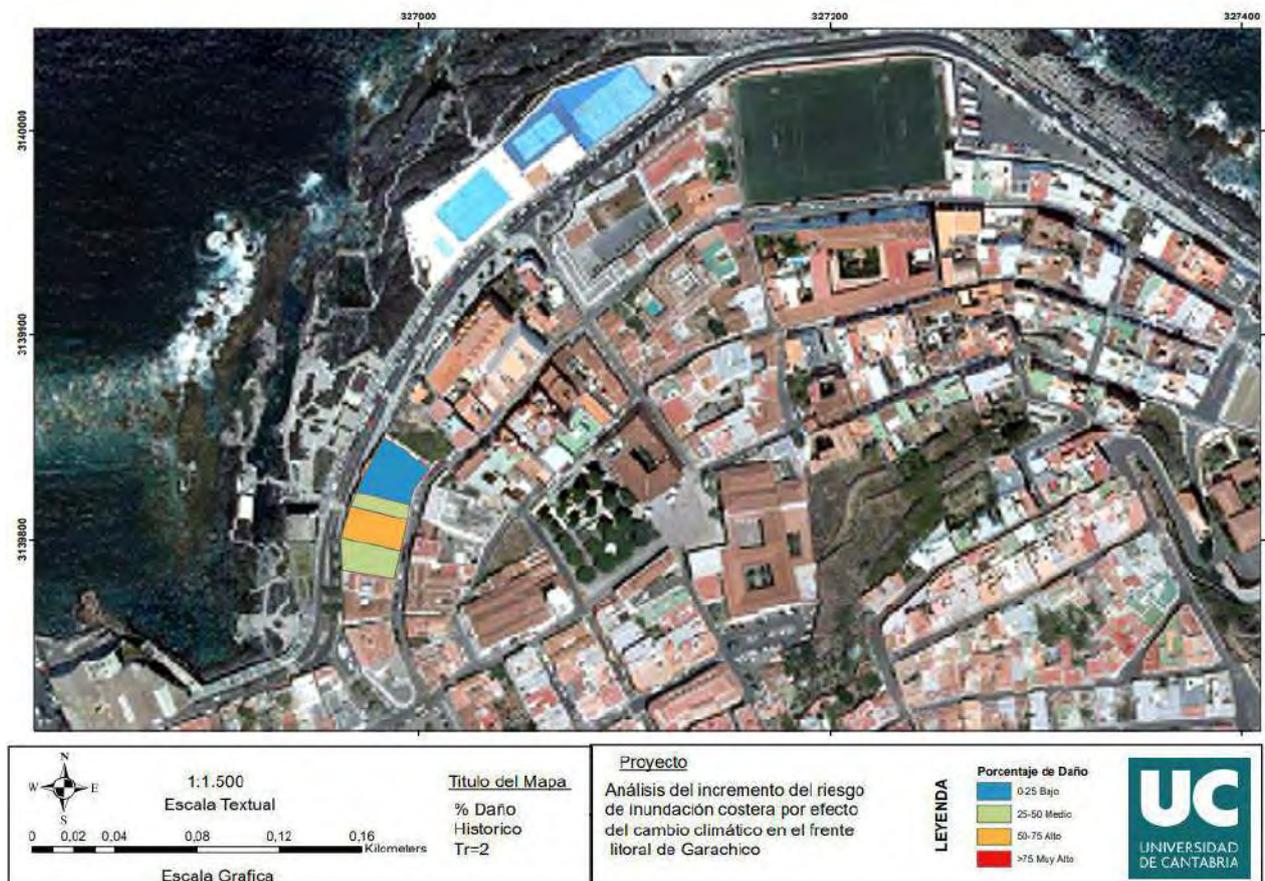
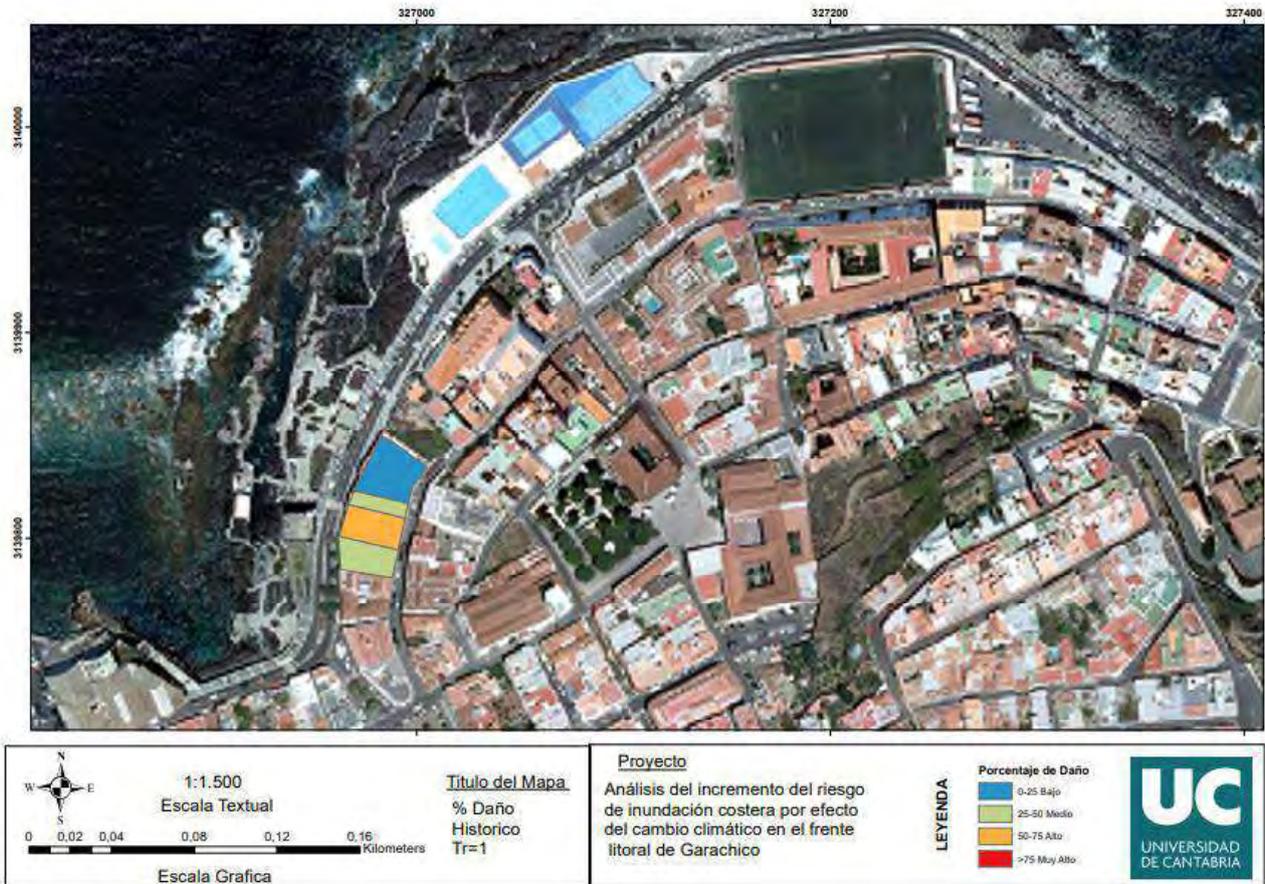
Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

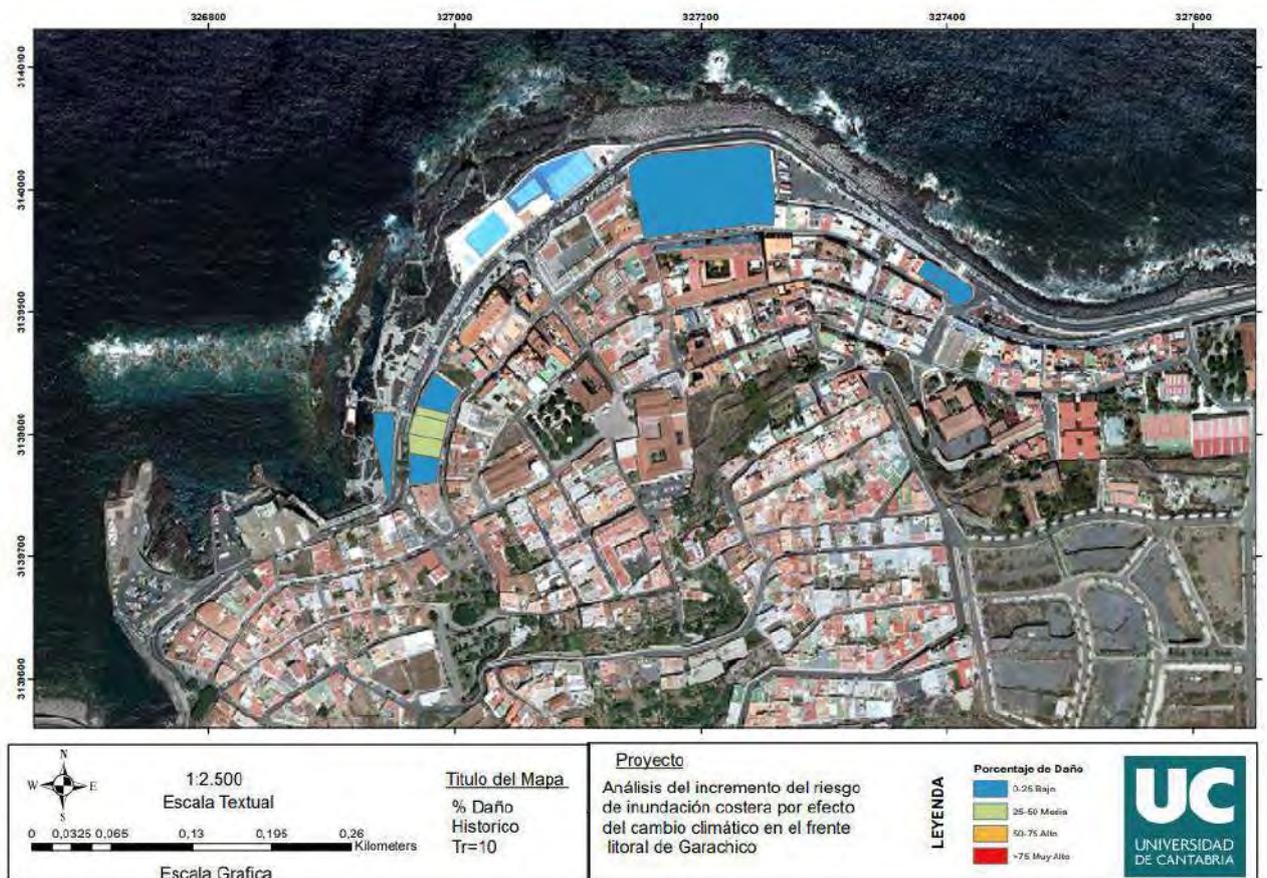
Inundacion (m) Tr=500
LEYENDA

- 0-0.25 Muy Bajo
- 0.25-0.50 Bajo
- 0.50-0.75 Medio
- 0.75-1.00 Alto
- >1.00 Muy Alto

Mapas de Porcentaje de Daño

Escenario Histórico







| | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|--|---|--|--|
| | <p>1:2.500 Escala Textual</p> | <p>Título del Mapa % Daño Historico Tr=25</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Porcentaje de Daño</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-25 Bajo ■ 25-50 Media ■ 50-75 Alto ■ >75 Muy Alto | |
| <p>Escala Grafica</p> | | | | | |

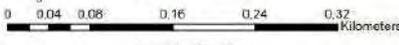


| | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|--|---|--|--|
| | <p>1:2.500 Escala Textual</p> | <p>Título del Mapa % Daño Historico Tr=50</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Porcentaje de Daño</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-25 Bajo ■ 25-50 Medio ■ 50-75 Alto ■ >75 Muy Alto | |
| <p>Escala Grafica</p> | | | | | |



Escenario 4.5_2045




 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Titulo del Mapa
 % Daño
 RCP4.5_2045
 Tr=1

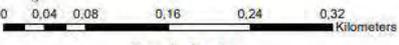
Proyecto
 Analisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA

| % de Daño | |
|---|--------------|
|  | 0-25 Bajo |
|  | 25-50 Medio |
|  | 50-75 Alto |
|  | >75 Muy Alto |






 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Titulo del Mapa
 % Daño
 RCP4.5_2045
 Tr=2

Proyecto
 Analisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA

| % de Daño | |
|---|--------------|
|  | 0-25 Bajo |
|  | 25-50 Medio |
|  | 50-75 Alto |
|  | >75 Muy Alto |






 1:3.000
 Escala Textual
 0 0.04 0.05 0.16 0.24 0.32 Kilometers
 Escala Grafica

Título del Mapa
 % Daño
 RCP4.5_2045
 Tr=5

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA
 % de Daño
 0-25 Bajo
 25-50 Medio
 50-75 Alto
 >75 Muy Alto





 1:3.000
 Escala Textual
 0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers
 Escala Grafica

Título del Mapa
 % Daño
 RCP4.5_2045
 Tr=10

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA
 % de Daño
 0-25 Bajo
 25-50 Medio
 50-75 Alto
 >75 Muy Alto






 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 % Daño
 RCP4.5_2045
 Tr=25

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA

| % de Daño | |
|---|--------------|
|  | 0-25 Bajo |
|  | 25-50 Medio |
|  | 50-75 Alto |
|  | >75 Muy Alto |






 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

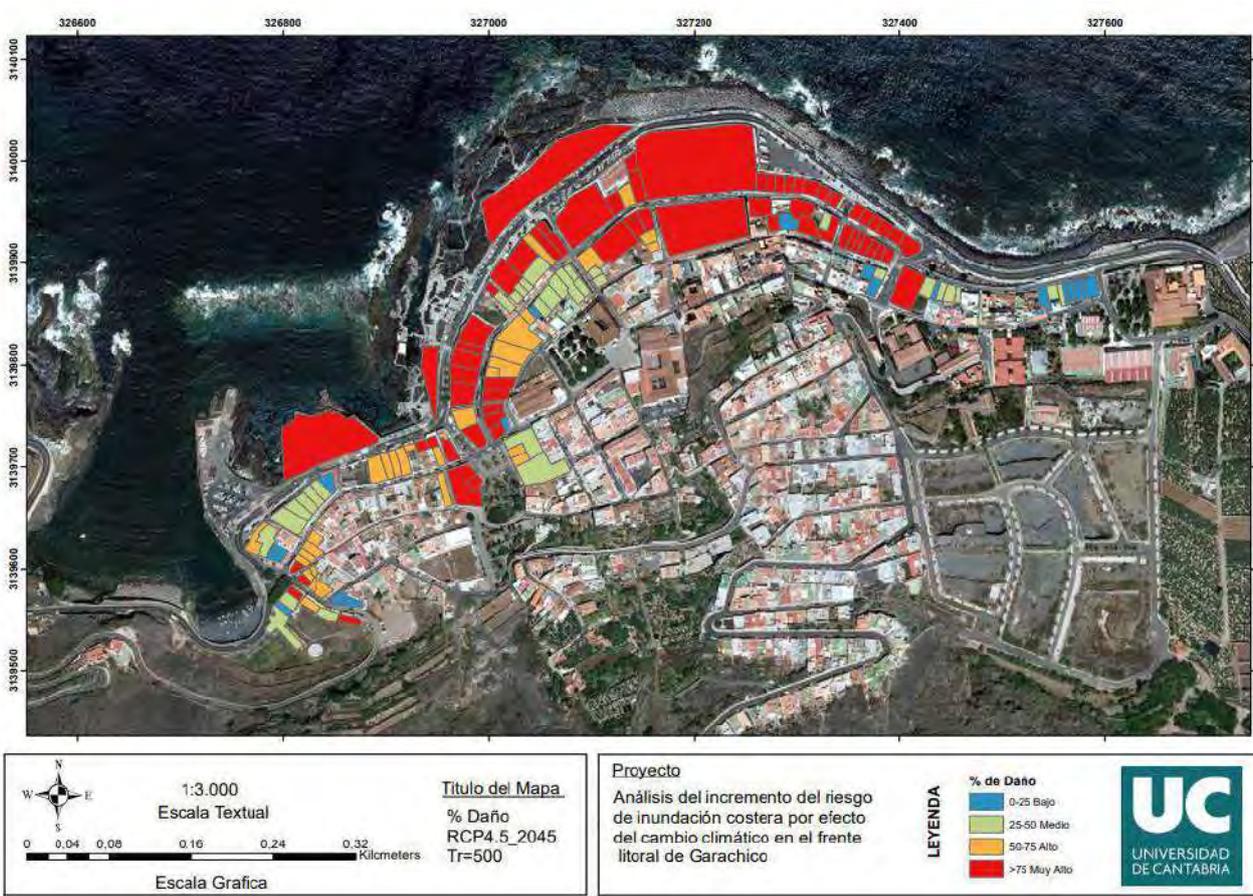
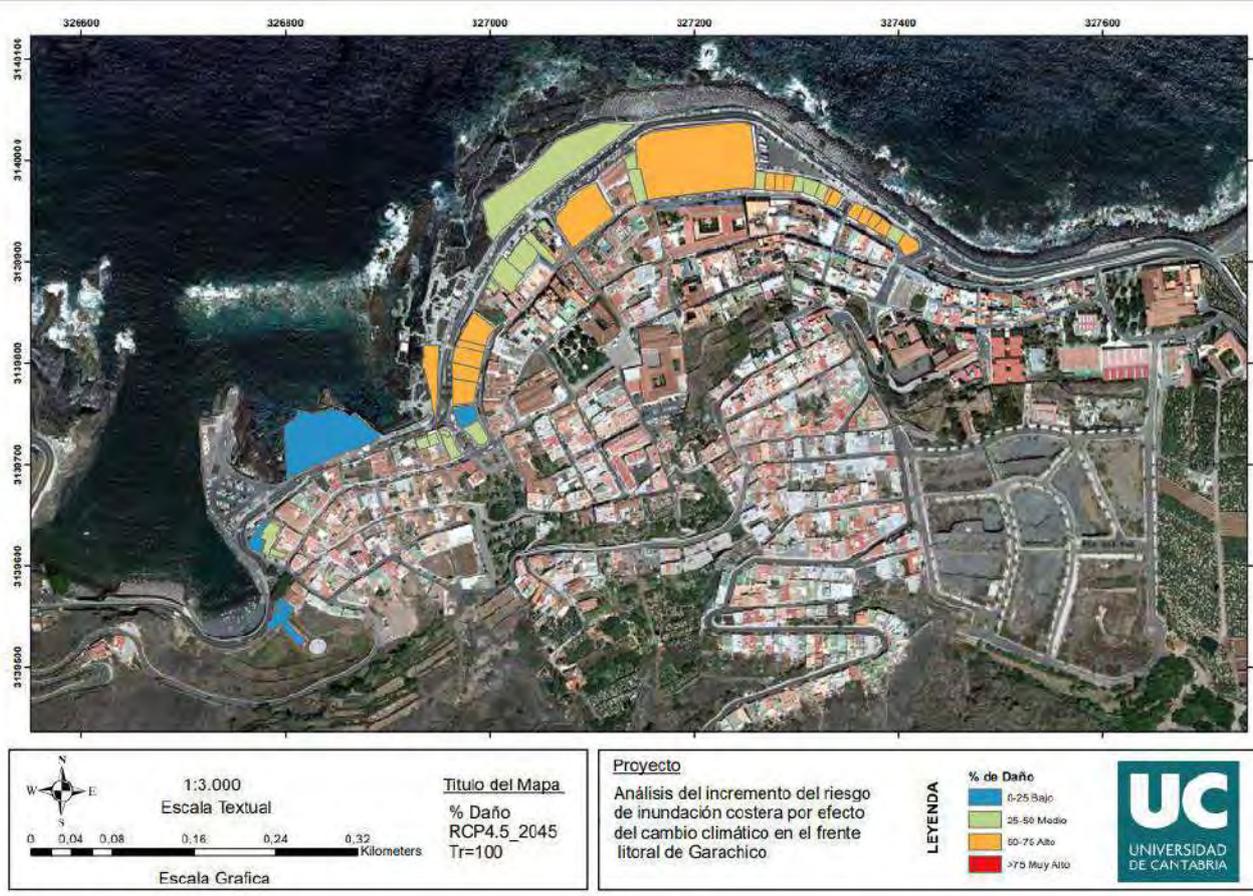
Título del Mapa
 % Daño
 RCP4.5_2045
 Tr=50

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA

| % de Daño | |
|---|--------------|
|  | 0-25 Bajo |
|  | 25-50 Medio |
|  | 50-75 Alto |
|  | >75 Muy Alto |





Escenario 4.5_2100



| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> | <p>Título del Mapa % de Daño RCP4.5_2100 Tr=1</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">% de Daño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■</td> <td>0-25 Bajo</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>25-50 Medio</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>50-75 Alto</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>>75 Muy Alto</td> </tr> </tbody> </table> | % de Daño | | ■ | 0-25 Bajo | ■ | 25-50 Medio | ■ | 50-75 Alto | ■ | >75 Muy Alto | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|---|--|-----------|--|-------------------------------------|-----------|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------|------------|------------------------------------|--------------|--|
| % de Daño | | | | | | | | | | | | | | | |
| ■ | 0-25 Bajo | | | | | | | | | | | | | | |
| ■ | 25-50 Medio | | | | | | | | | | | | | | |
| ■ | 50-75 Alto | | | | | | | | | | | | | | |
| ■ | >75 Muy Alto | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Escala Grafica</p> | | | | | | | | | | | | | | | |



| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> | <p>Título del Mapa % de Daño RCP4.5_2100 Tr=2</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">% de Daño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■</td> <td>0-25 Bajo</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>25-50 Medio</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>50-75 Alto</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>>75 Muy Alto</td> </tr> </tbody> </table> | % de Daño | | ■ | 0-25 Bajo | ■ | 25-50 Medio | ■ | 50-75 Alto | ■ | >75 Muy Alto | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|---|--|-----------|--|-------------------------------------|-----------|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------|------------|------------------------------------|--------------|--|
| % de Daño | | | | | | | | | | | | | | | |
| ■ | 0-25 Bajo | | | | | | | | | | | | | | |
| ■ | 25-50 Medio | | | | | | | | | | | | | | |
| ■ | 50-75 Alto | | | | | | | | | | | | | | |
| ■ | >75 Muy Alto | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Escala Grafica</p> | | | | | | | | | | | | | | | |

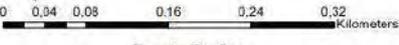


| | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|---|--|
| | 1:3.000 | Título del Mapa % de Daño RCP4.5_2100 Tr=5 | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | LEYENDA % de Daño 0-25 Bajo 25-50 Medio 50-75 Alto >75 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |

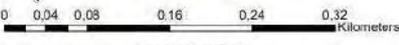


| | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|---|--|
| | 1:3.000 | Título del Mapa % de Daño RCP4.5_2100 Tr=10 | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | LEYENDA % de Daño 0-25 Bajo 25-50 Medio 50-75 Alto >75 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |



| | | | | |
|--|---|---|--|--|
|  1:3.000 Escala Textual  Escala Grafica | Título del Mapa % de Daño RCP4.5_2100 Tr=25 | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | LEYENDA % de Daño 0-25 Bajo 25-50 Medio 50-75 Alto >75 Muy Alto |  |
|--|---|---|--|--|



| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  1:3.000 Escala Textual  Escala Grafica | Título del Mapa % de Daño RCP4.5_2100 Tr=50 | Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | LEYENDA % de Daño 0-25 Bajo 25-50 Medio 50-75 Alto >75 Muy Alto |  |
|---|---|---|--|---|



| | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|---|--|
| | 1:3.000 | <u>Titulo del Mapa</u> % de Daño RCP4.5_2100 Tr=100 | <u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | LEYENDA % de Daño 0-25 Bajo 25-50 Medio 50-75 Alto >75 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |



| | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---|---|--|
| | 1:3.000 | <u>Titulo del Mapa</u> % de Daño RCP4.5_2100 Tr=500 | <u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico | LEYENDA % de Daño 0-25 Bajo 25-50 Medio 50-75 Alto >75 Muy Alto | |
| | Escala Textual Escala Grafica | | | | |

Escenario 8.5_2045




 1:3.000
 Escala Textual
 0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers
 Escala Grafica

Título del Mapa
 % Daño
 RCP8.5_2045
 Tr=1

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

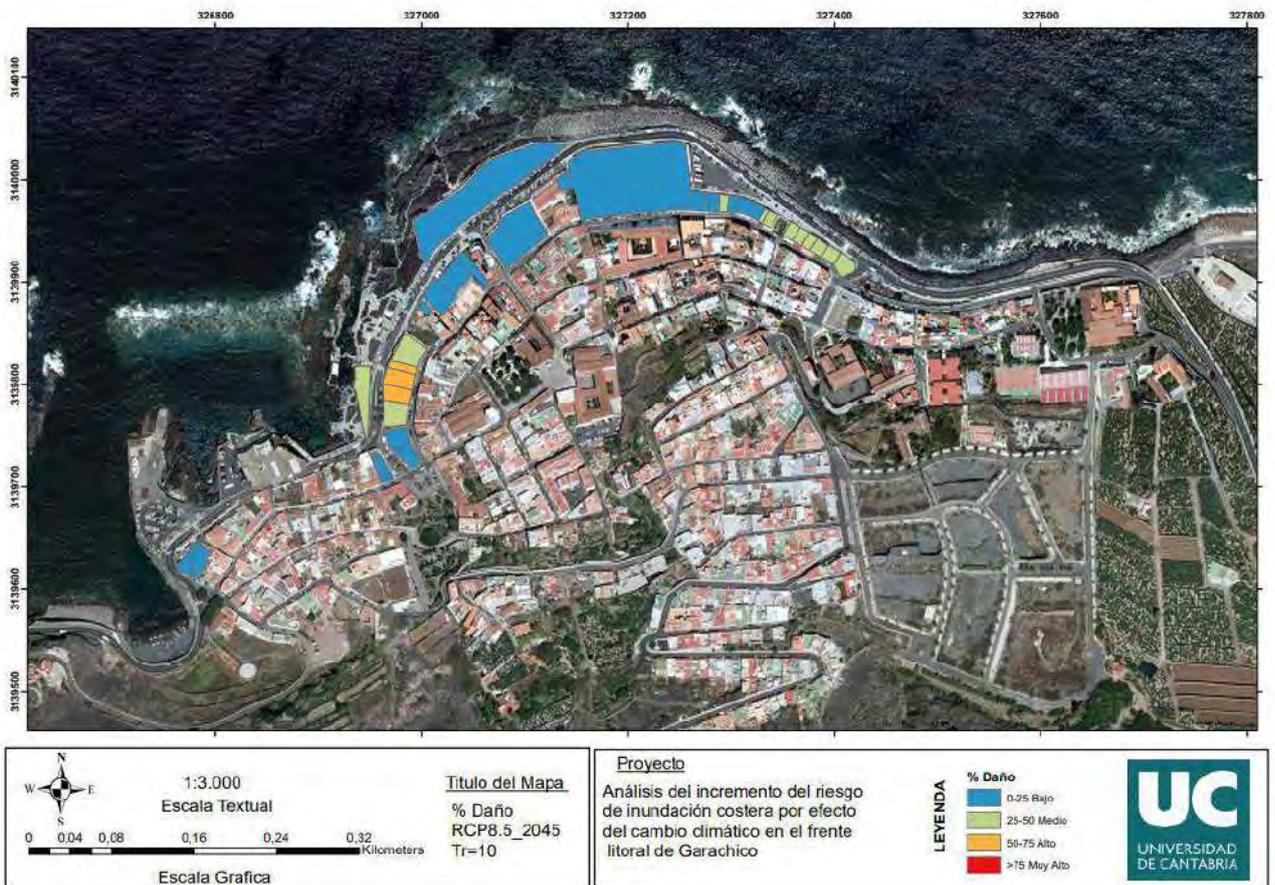
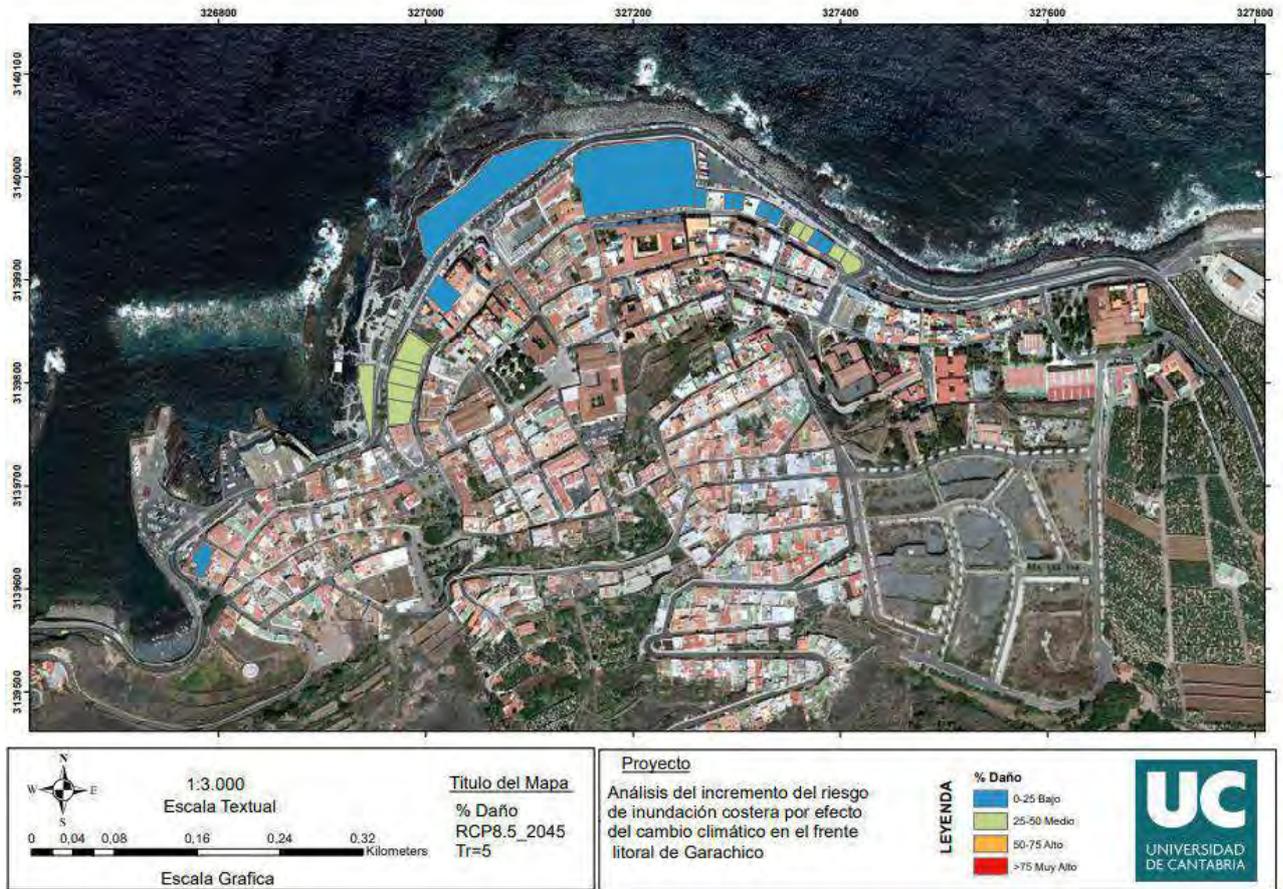



 1:3.000
 Escala Textual
 0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers
 Escala Grafica

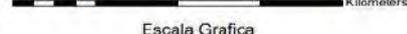
Título del Mapa
 % Daño
 RCP8.5_2045
 Tr=2

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico








 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

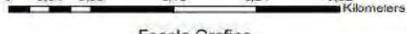
Título del Mapa
 % Daño
 RCP8.5_2045
 Tr=25

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA % Daño
 0-25 Bajo
 25-50 Medio
 50-75 Alto
 >75 Muy Alto





 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 % Daño
 RCP8.5_2045
 Tr=50

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA % Daño
 0-25 Bajo
 25-50 Medio
 50-75 Alto
 >75 Muy Alto






 1:3.000
 Escala Textual
 0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometros
 Escala Grafica

Titulo del Mapa
 % Daño
 RCP8.5_2045
 Tr=100

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA
 % de Daño
 0-25 Bajo
 25-50 Medio
 50-75 Alto
 >75 Muy Alto





 1:3.000
 Escala Textual
 0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometros
 Escala Grafica

Titulo del Mapa
 % Daño
 RCP8.5_2045
 Tr=500

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA
 % de Daño
 0-25 Bajo
 25-50 Medio
 50-75 Alto
 >75 Muy Alto



Escenario 8.5_2100



1:3.000
Escala Textual



Escala Grafica

Título del Mapa
% de Riesgo
RCP8.5_2100
Tr=1

Proyecto

Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA



1:3.000
Escala Textual



Escala Grafica

Título del Mapa
% de Riesgo
RCP8.5_2100
Tr=2

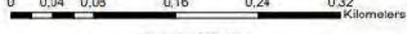
Proyecto

Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA






 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 % de Riesgo
 RCP8.5_2100
 Tr=5

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA

| % de Daño | |
|---------------------------------------|--------------|
| ■ | 0-25 Bajo |
| ■ | 25-50 Medio |
| ■ | 50-75 Alto |
| ■ | >75 Muy Alto |






 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 % de Riesgo
 RCP8.5_2100
 Tr=10

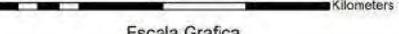
Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA

| % de Daño | |
|---------------------------------------|--------------|
| ■ | 0-25 Bajo |
| ■ | 25-50 Medio |
| ■ | 50-75 Alto |
| ■ | >75 Muy Alto |






 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 % de Riesgo
 RCP8.5_2100
 Tr=25

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA

| % de Daño | |
|---------------------------------------|--------------|
| ■ | 0-25 Bajo |
| ■ | 25-50 Medio |
| ■ | 50-75 Alto |
| ■ | >75 Muy Alto |






 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 % de Riesgo
 RCP8.5_2100
 Tr=50

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA

| % de Daño | |
|---------------------------------------|--------------|
| ■ | 0-25 Bajo |
| ■ | 25-50 Medio |
| ■ | 50-75 Alto |
| ■ | >75 Muy Alto |






 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 % de Riesgo
 RCP8.5_2100
 Tr=100

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA % de Daño
 0-25 Bajo
 25-50 Medio
 50-75 Alto
 >75 Muy Alto





 1:3.000
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 % de Riesgo
 RCP8.5_2100
 Tr=500

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA % do Daño
 0-25 Bajo
 25-50 Medio
 50-75 Alto
 >75 Muy Alto



Mapas de Valoración del Riesgo

Escenario Histórico




 1:2.500
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 Valorización del
 Riesgo en miles
 de euros
 Histórico
 $T_r=1$

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA

| Riesgo en miles de euros | |
|---------------------------------------|----------------|
| ■ | 0-45 Bajo |
| ■ | 45-90 Muy Bajo |
| ■ | 90-360 Medio |
| ■ | >360 Alto |





 1:2.500
 Escala Textual

 Escala Grafica

Título del Mapa
 Valorización del
 Riesgo en miles
 de euros
 Histórico
 $T_r=2$

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA

| Riesgo en miles de euros | |
|---------------------------------------|---------------|
| ■ | 0-45 Bajo |
| ■ | 45-90 Medio |
| ■ | 90-360 Alto |
| ■ | >360 Muy Alto |






 1:2.500
 Escala Textual
 0 0,0325 0,065 0,13 0,195 0,26 Kilometers
 Escala Grafica

Título del Mapa
 Valorización del
 Riesgo en miles
 de euros
 Histórico
 Tr=5

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA
 Riesgo en miles de euros
 0-45 Bajo
 45-90 Medio
 90-360 Alto
 >360 Muy Alto





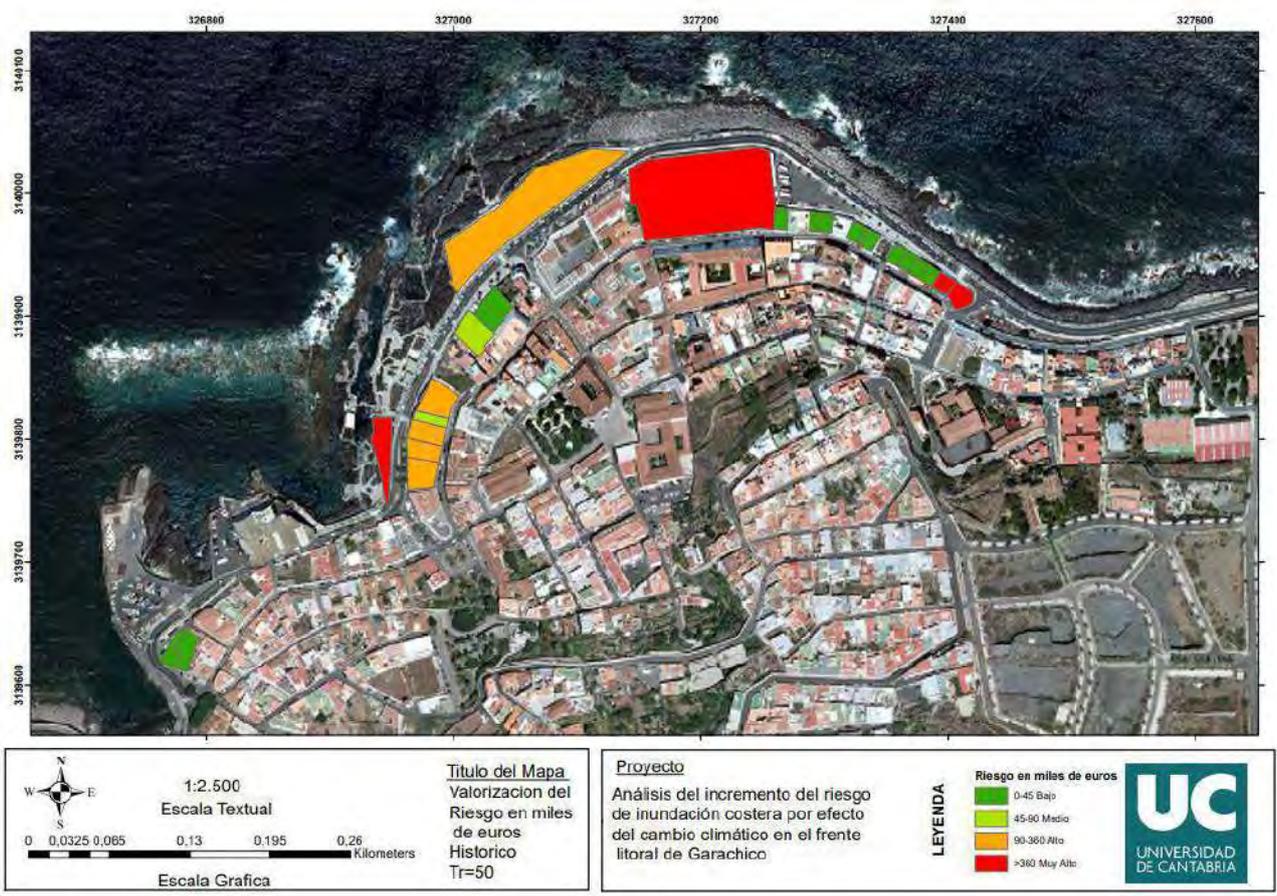
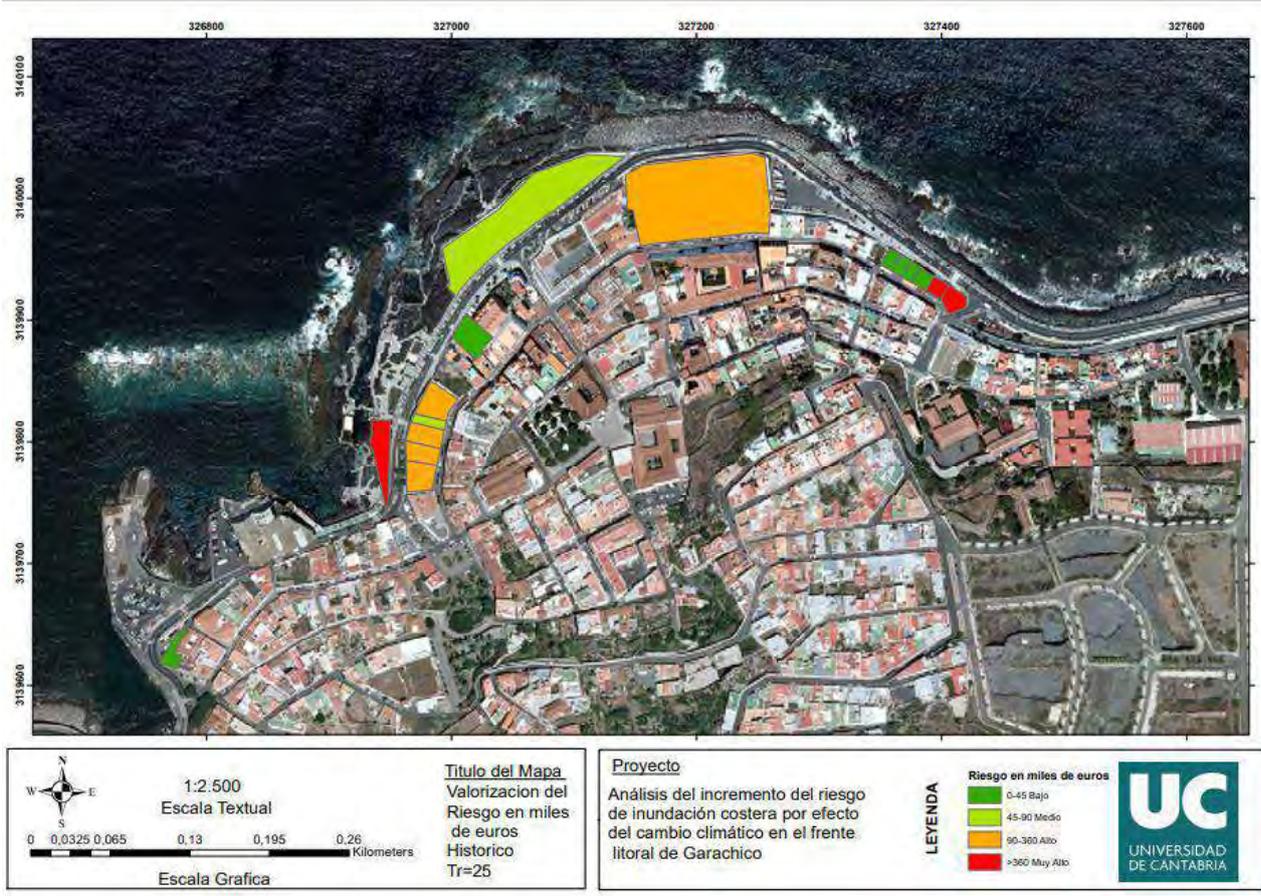
 1:2.500
 Escala Textual
 0 0,0325 0,065 0,13 0,195 0,26 Kilometers
 Escala Grafica

Título del Mapa
 Valorización del
 Riesgo en miles
 de euros
 Histórico
 Tr=10

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA
 Riesgo en miles de euros
 0-45 Bajo
 45-90 Medio
 90-360 Alto
 >360 Muy Alto









 1:2.500
 Escala Textual


 Escala Grafica

Título del Mapa
 Valorización del
 Riesgo en miles
 de euros
 Histórico
 T_r=100

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA

| Riesgo en miles de euros |
|--------------------------|
| 0-45 Bajo |
| 45-90 Medio |
| 90-360 Alto |
| >360 Muy alto |






 1:3.000
 Escala Textual


 Escala Grafica

Título del Mapa
 Valorización del
 Riesgo en miles
 de euros
 Histórico
 T_r=500

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo
 de inundación costera por efecto
 del cambio climático en el frente
 litoral de Garachico

LEYENDA

| Riesgo en miles de euros |
|--------------------------|
| 0-45 Bajo |
| 45-90 Medio |
| 90-360 Alto |
| >360 Muy Alto |



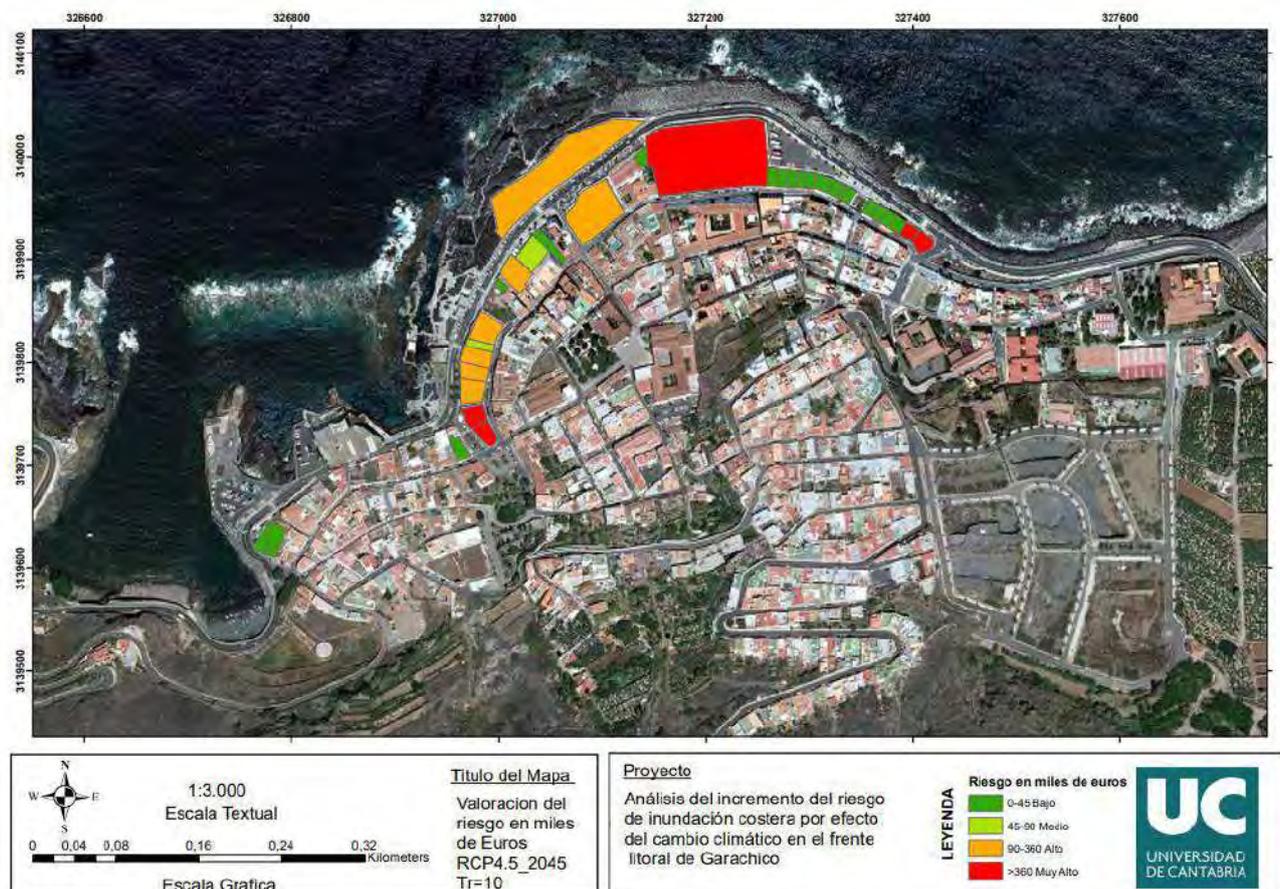
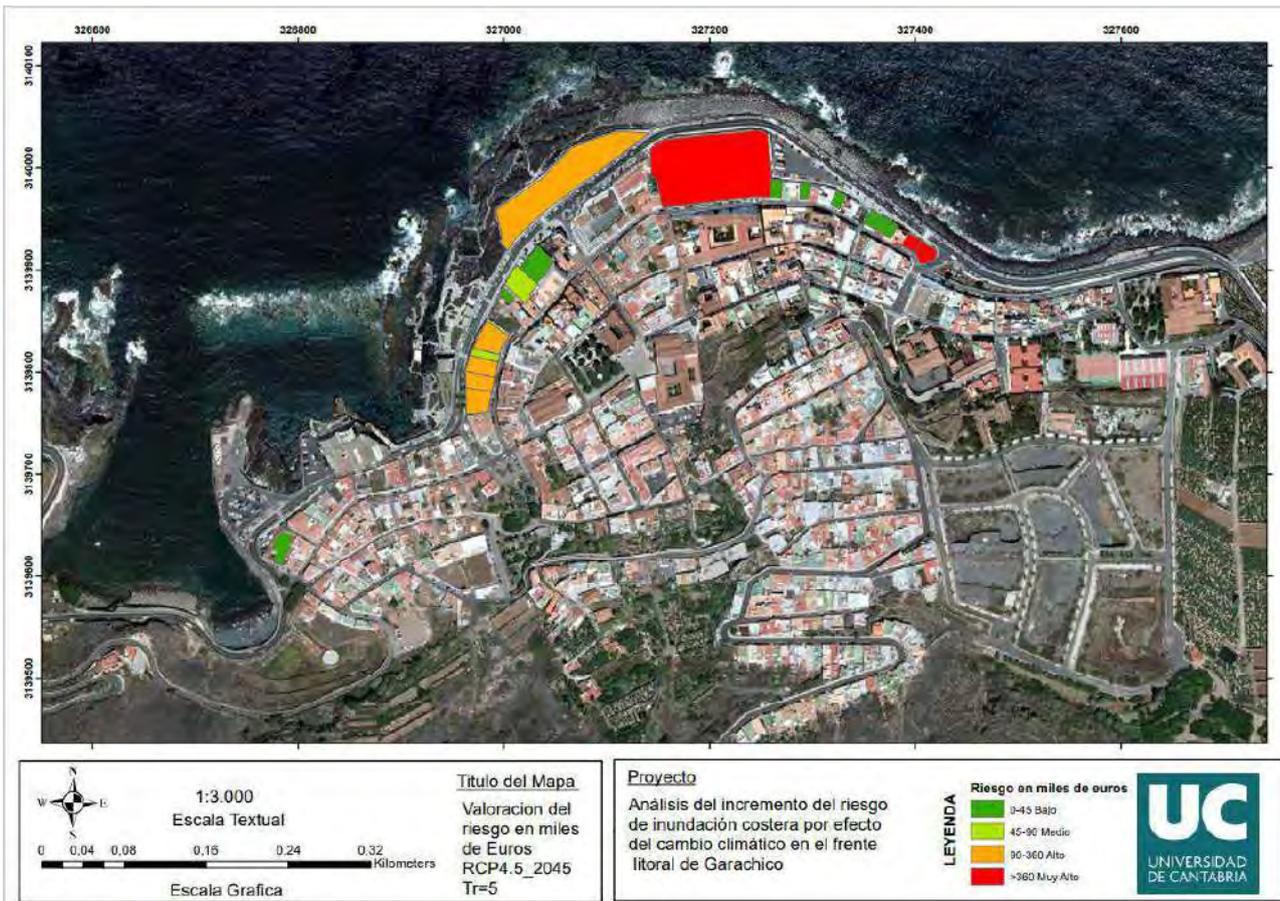
Escenario 4.5_2045



| | | | | |
|--|--|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p>Título del Mapa Valoración del riesgo en miles de Euros RCP4.5_2045 Tr=1</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
|--|--|---|---|--|



| | | | | |
|--|--|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p>Título del Mapa Valoración del riesgo en miles de Euros RCP4.5_2045 Tr=2</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
|--|--|---|---|--|





Título del Mapa
 Valoración del riesgo en miles de Euros
 RCP4.5_2045
 Tr=25

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA Riesgo en miles de euros

- 0-45 Bajo
- 45-90 Medio
- 90-360 Alto
- >360 Muy Alto



Título del Mapa
 Valoración del riesgo en miles de Euros
 RCP4.5_2045
 Tr=50

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA Riesgo en miles de euros

- 0-45 Bajo
- 45-90 Medio
- 90-360 Alto
- >360 Muy Alto





Título del Mapa
 Valoración del riesgo en miles de Euros
 RCP4.5_2045
 Tr=100

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA
 Riesgo en miles de euros
 0-45 Bajo
 45-90 Medio
 90-360 Alto
 >360 Muy Alto



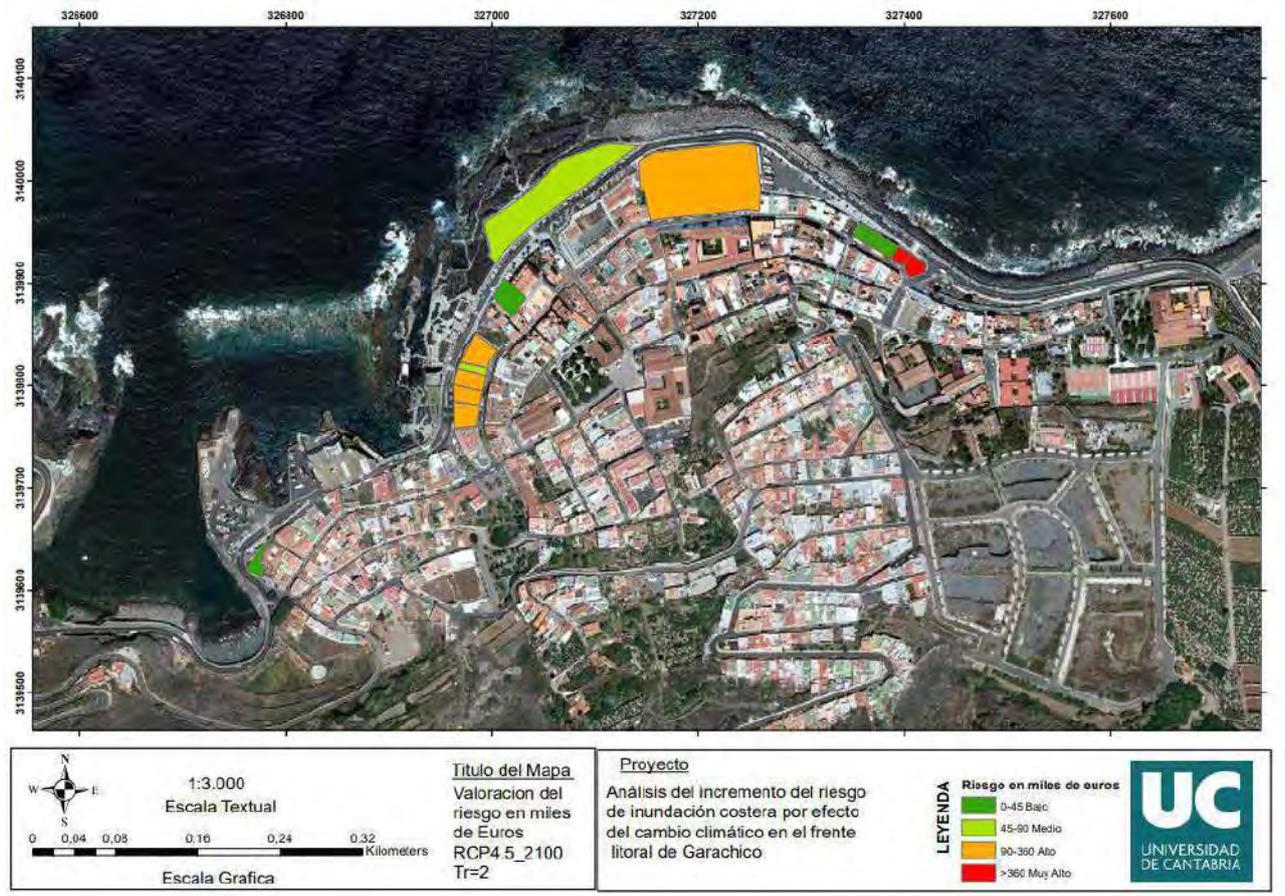
Título del Mapa
 Valoración del riesgo en miles de Euros
 RCP4.5_2045
 Tr=500

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA
 Riesgo en miles de euros
 0-45 Bajo
 45-90 Medio
 90-360 Alto
 >360 Muy Alto



Escenario 4.5_2100





Título del Mapa
 Valoración del riesgo en miles de Euros
 RCP4.5_2100
 Tr=5

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA Riesgo en miles de euros

- 0-45 Bajo
- 45-90 Medio
- 90-360 Alto
- >360 Muy Alto



Título del Mapa
 Valoración del riesgo en miles de Euros
 RCP4.5_2100
 Tr=10

Proyecto
 Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA Riesgo en miles de euros

- 0-45 Bajo
- 45-90 Medio
- 90-360 Alto
- >360 Muy Alto





| | | | |
|---|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers Escala Grafica</p> | <p>Título del Mapa Valoración del riesgo en miles de Euros RCP4.5_2100 Tr=25</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto |
|---|---|---|--|



| | | | |
|---|---|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers Escala Grafica</p> | <p>Título del Mapa Valoración del riesgo en miles de Euros RCP4.5_2100 Tr=50</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto |
|---|---|---|--|



| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Valoracion del riesgo en miles de Euros RCP4.5_2100 Tr=100</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| | | | | |



| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Valoracion del riesgo en miles de Euros RCP4.5_2100 Tr=500</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| | | | | |

Escenario 8.5_2045



| | | | | |
|--|---|--|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0,04 0,08 0,16 0,24 0,32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u></p> <p>Valoracion del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2045 Tr=1</p> | <p><u>Proyecto</u></p> <p>Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| | | | | |



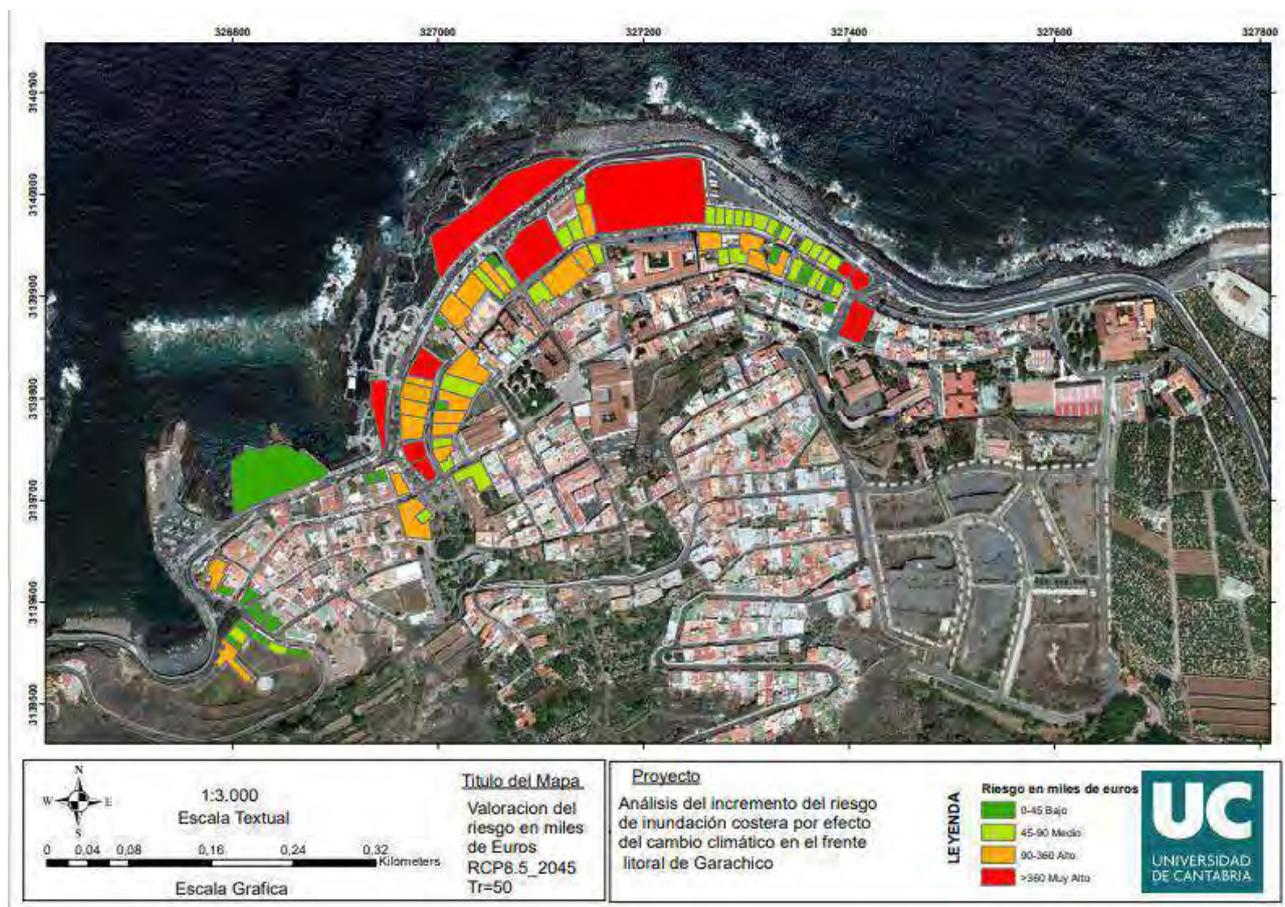
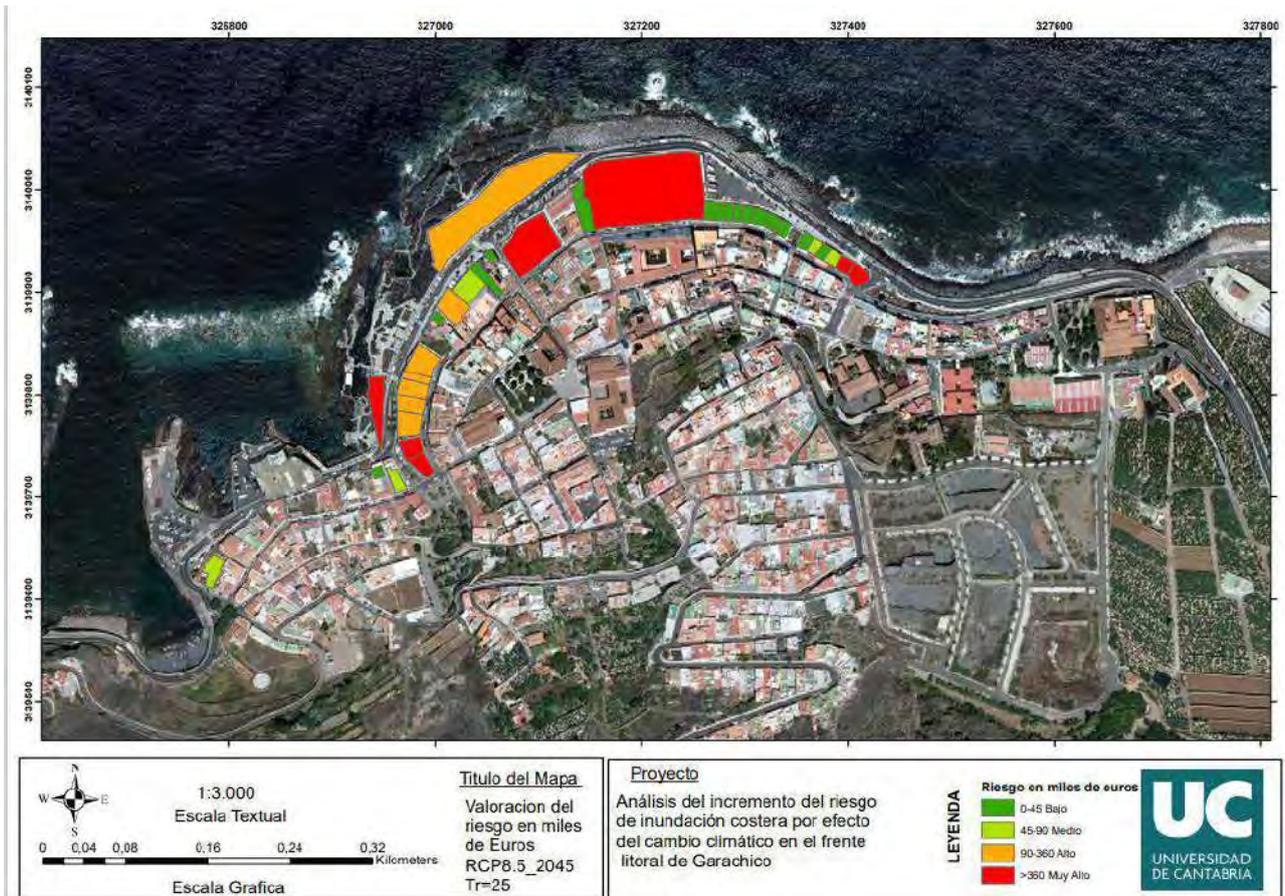
| | | | | |
|--|---|--|---|--|
| <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0,04 0,08 0,16 0,24 0,32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u></p> <p>Valoracion del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2045 Tr=2</p> | <p><u>Proyecto</u></p> <p>Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| | | | | |



| | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|--|---|---|--|
| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> | <p>Título del Mapa Valoración del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2045 Tr=5</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| <p>Escala Grafica</p> | | | | | |

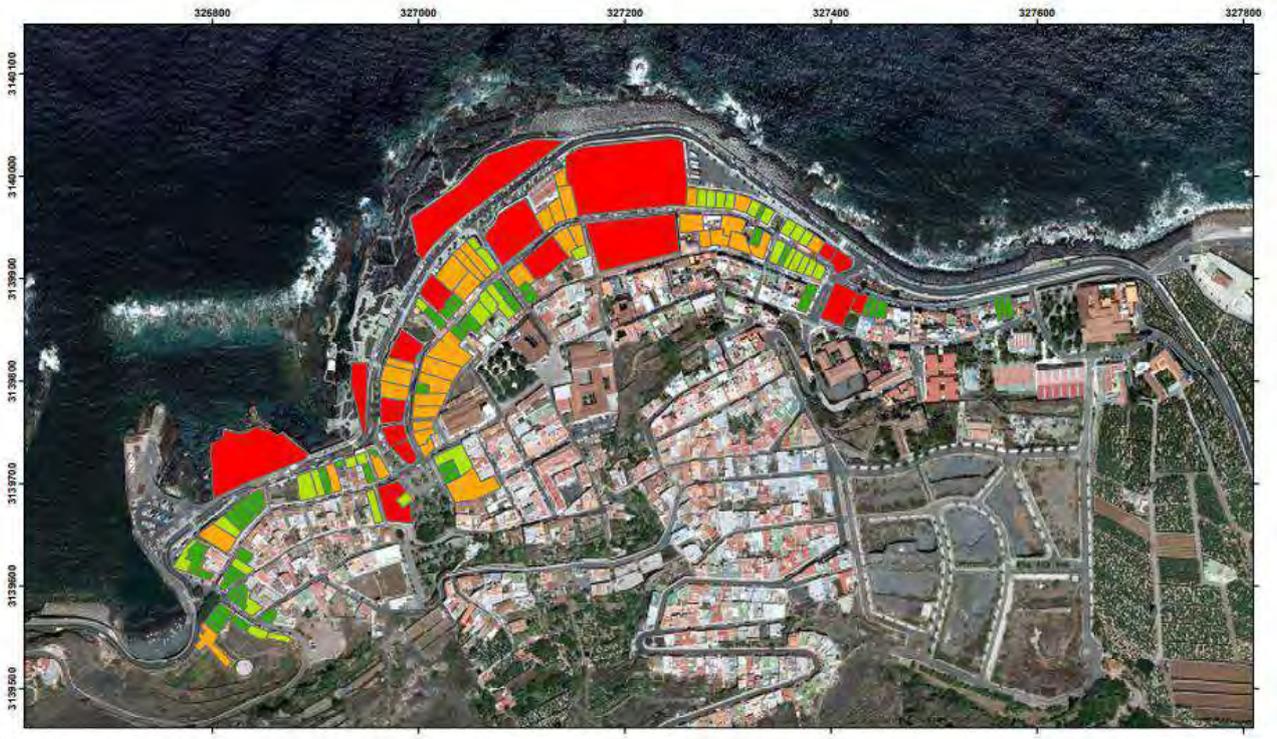


| | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---|---|---|--|
| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> | <p>Título del Mapa Valoración del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2045 Tr=10</p> | <p>Proyecto Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| <p>Escala Grafica</p> | | | | | |





| | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|--|---|---|--|
| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> | <p><u>Título del Mapa</u> Valoración del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2045 Tr=100</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| <p>Escala Grafica</p> | | | | | |



| | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|--|---|---|--|
| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> | <p><u>Título del Mapa</u> Valoración del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2045 Tr=500</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA</p> <p>Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| <p>Escala Grafica</p> | | | | | |



Escenario 8.5_2100



| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Valoracion del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2100 Tr=1</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
|--|--|--|---|--|--|



| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Valoracion del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2100 Tr=2</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
|--|--|--|---|--|--|



Título del Mapa
Valoración del riesgo en miles de Euros
RCP8.5_2100
Tr=5

Proyecto
Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA Riesgo en miles de euros

- 0-45 Bajo
- 45-90 Medio
- 90-360 Alto
- >360 Muy Alto



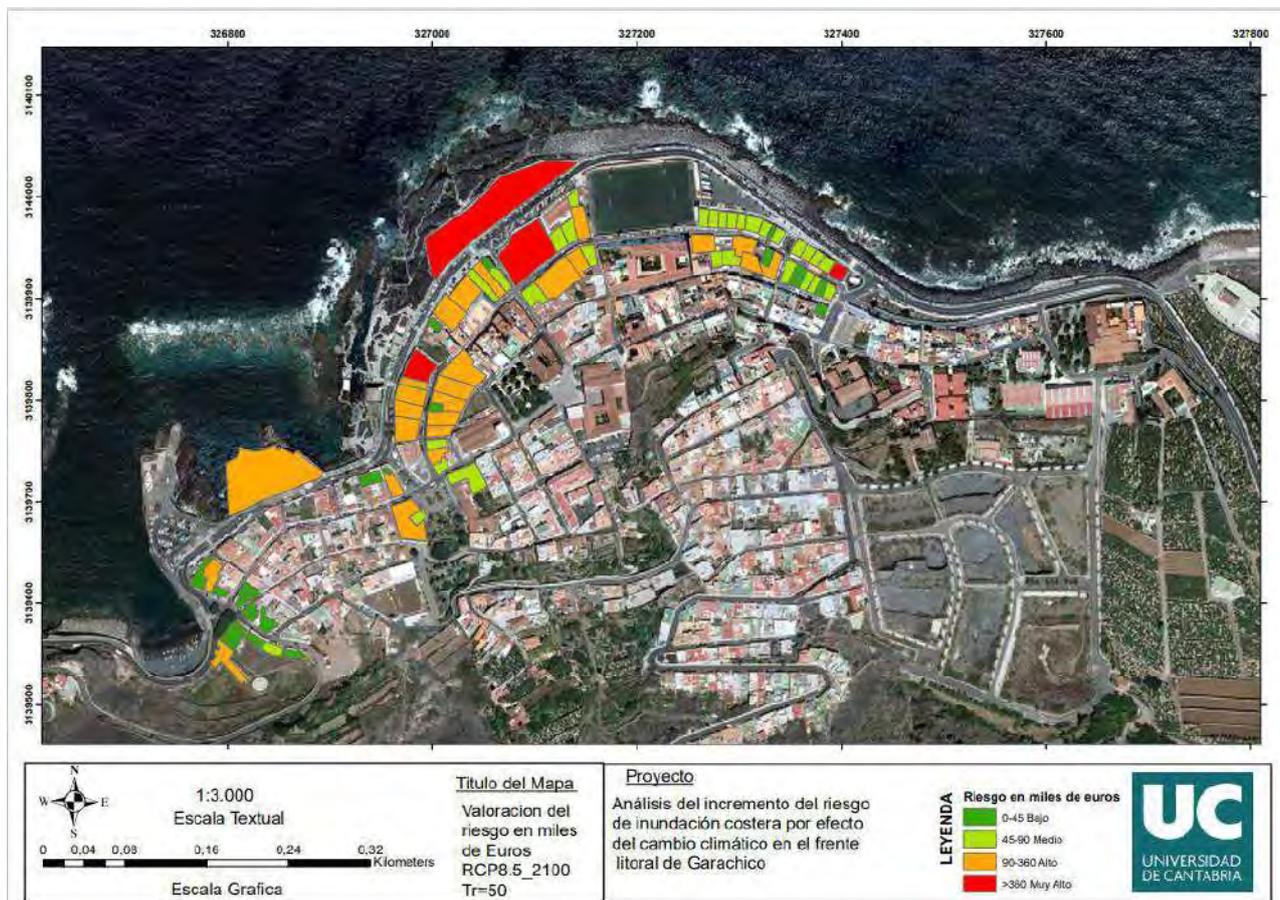
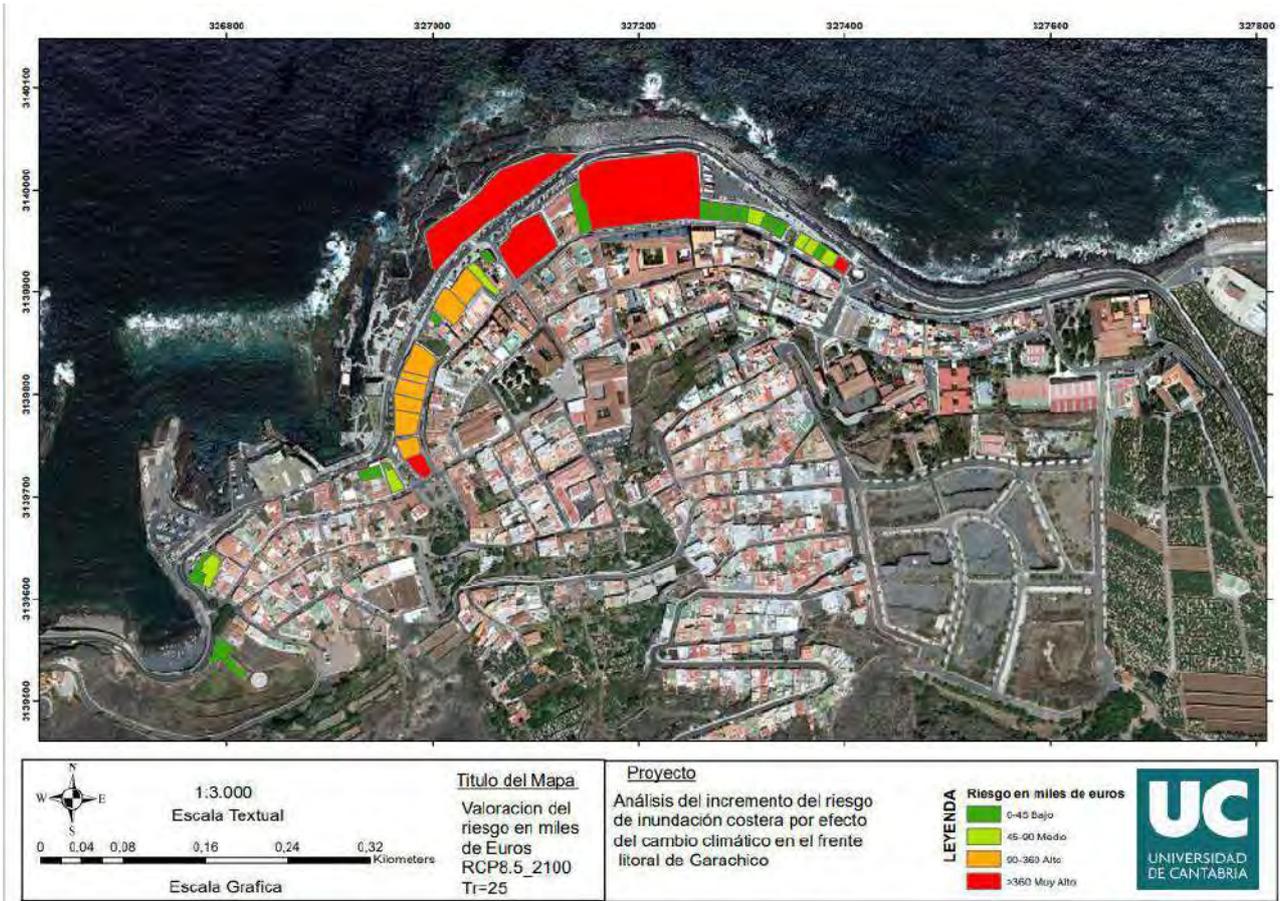
Título del Mapa
Valoración del riesgo en miles de Euros
RCP8.5_2100
Tr=10

Proyecto
Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico

LEYENDA Riesgo en miles de euros

- 0-45 Bajo
- 45-90 Medio
- 90-360 Alto
- >360 Muy Alto







| | | | | | |
|--|-----------------------------------|--|---|--|--|
| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Valoracion del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2100 Tr=100</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | | | | | |



| | | | | | |
|--|-----------------------------------|--|---|--|--|
| | <p>1:3.000 Escala Textual</p> | <p><u>Titulo del Mapa</u> Valoracion del riesgo en miles de Euros RCP8.5_2100 Tr=500</p> | <p><u>Proyecto</u> Análisis del incremento del riesgo de inundación costera por efecto del cambio climático en el frente litoral de Garachico</p> | <p>LEYENDA Riesgo en miles de euros</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 0-45 Bajo ■ 45-90 Medio ■ 90-360 Alto ■ >360 Muy Alto | |
| <p>0 0.04 0.08 0.16 0.24 0.32 Kilometers</p> <p>Escala Grafica</p> | | | | | |